

APPENDIX A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

Dari perhitungan neraca massa dengan basis hitungan kecepatan bahan baku 100 gr/hari didapatkan hasil produksi 183,5896 gr/hari. Atas dasar hitungan di atas dengan kapasitas 27.272.727,27 gr/hari maka akan didapat kapasitas bahan baku dengan cara =

$$\frac{100 \text{ gr/hari}}{183,5896 \text{ gr/hari}} \times 27.272.727,27 \text{ gr/hari} = 14.855.268,42 \text{ gr/hari}$$

$$= 14.855.26842 \text{ kg/hari}$$

$$\approx 15.000 \text{ kg buah jeruk / hari}$$

$$\text{Kapasitas produksi} = 27.272,72727 \text{ kg / hari}$$

$$= 9000 \text{ ton / tahun}$$

$$\text{Waktu operasi} = 330 \text{ hari / tahun}$$

$$\text{Satuan massa} = \text{kilogram (kg)}$$

$$\text{Basis waktu} = 1 \text{ hari} = 24 \text{ jam}$$

Data komposisi komponen tiap berat 100 gram buah jeruk keprok varietas Siem (diambil dari majalah Hobi dan Bisnis, 1994) dapat ditampilkan seperti di bawah ini:

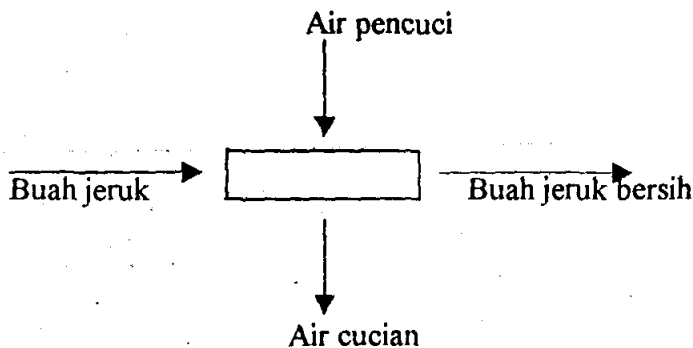
Komponen	% berat
Air	72
Protein	0,5
Lemak	0,1
Vitamin A	0,019
Vitamin C	0,05
Sukrosa	5,3

Kulit jeruk, biji, 22,031

serat dan impurities _____

100 % berat

1. Neraca massa di belt conveyor



Fungsi : Untuk mengangkut buah jeruk menuju ekstraktor dan juga untuk mencuci buah jeruk dari pengotor

Data:

1. Perbandingan massa buah jeruk masuk dengan air pencuci adalah 1:1.
2. Dari *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* (Mc. Ketta, 1994)

diperoleh data:

- Kandungan pengotor = 0,5 % massa buah jeruk.
- Massa air pencuci yang terikut dalam matriks buah jeruk = 10 % massa buah jeruk.

Perhitungan:

Massa buah jeruk = 15.000 kg / hari, terdiri dari:

- Air = 72 % x 15.000 kg = 10.800 kg
- Protein = 0,5 % x 15.000 kg = 75 kg
- Lemak = 0,1 % x 15.000 kg = 15 kg
- Vitamin A = 0,019 % x 15.000 kg = 2,8500 kg

- Vitamin C = $0,05 \% \times 15.000 \text{ kg} = 7,5000 \text{ kg}$
- Sukrosa = $5,3 \% \times 15.000 \text{ kg} = 795 \text{ kg}$
- Kulit jeruk = $19,2 \% \times 15.000 \text{ kg} = 2880 \text{ kg}$
- Pengotor = $0,5 \% \times 15.000 \text{ kg} = 75 \text{ kg}$
- Biji, serat = $2,331 \% \times 15.000 \text{ kg} = 349,6500 \text{ kg}$

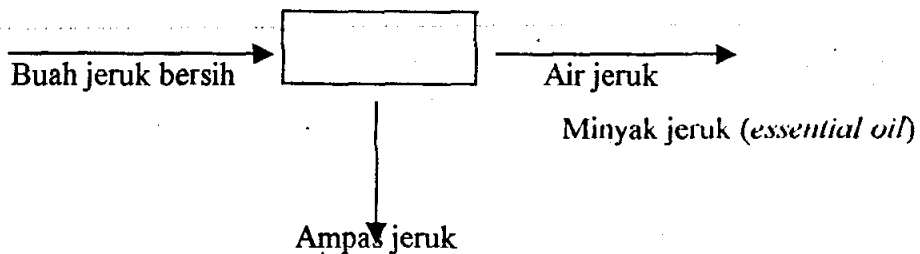
TOTAL = 15.000 kg

Dengan menggunakan data-data di atas maka dapat dihitung :

- Massa air pencuci yang digunakan = $100 \% \times 15.000 \text{ kg} / \text{hari}$
 $= 15.000 \text{ kg} / \text{hari}$
- Massa air yang tertahan dalam matriks buah jeruk = $10 \% \times 15.000 \text{ kg/hari}$
 $= 1500 \text{ kg/hari}$
- Total massa air dalam buah jeruk setelah pencucian = $(10.800 + 1500) \text{ kg/hari}$
 $= 12.300 \text{ gr/hari}$

Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Air	10.800	Air	12.300
Protein	75	Protein	75
Lemak	15	Lemak	15
Vitamin A	2,8500	Vitamin A	2,8500
Vitamin C	7,5000	Vitamin C	7,5000
Sukrosa	795	Sukrosa	795
Kulit jeruk	2880	Kulit jeruk	2880
Pengotor	75	Biji dan serat	349,6500
Biji dan serat	349,6500		
Air pencuci	15.000	Air cucian	13.500
		Pengotor	75
	30.000		30.000

2. Neraca massa di Ekstraktor



Fungsi: Untuk mengambil sari buah jeruk dengan cara pengepresan

Data :

1. Dari *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* (Mc. Ketta, 1994)

diperoleh data:

- Kandungan *essential oil* = 2,3 % massa kulit jeruk
2. Air jeruk yang keluar dari ekstraktor sebanyak 90 % dari massa buah jeruk yang masuk dan 10 % air jeruk terdapat di dalam ampas jeruk
 3. 90 % massa *essential oil* terikut dalam aliran air jeruk keluar ekstraktor.

Perhitungan :

Massa kulit jeruk = 2880 kg

Massa *essential oil* = 2,3 % x 2880 kg

= 66,2400 kg

Massa *essential oil* yang terikut dalam aliran air jeruk keluar ekstraktor:

= 90 % x 66,2400 kg

= 59,6160 kg

Ampas jeruk yang keluar ekstraktor terdiri dari:

- Air = 10 % x 12.300 kg = 1230 kg

- Protein = 10 % x 75 kg = 7,5 kg

- Lemak	= 10 % x 15 kg	= 1,5 kg
- Vitamin A	= 10 % x 2,8500 kg	= 0,2850 kg
- Vitamin C	= 10 % x 7,5000 kg	= 0,7500 kg
- Sukrosa	= 10 % x 795 kg	= 79,5 kg
- Kulit jeruk	= (2880 – 59,6160) kg	= 2820,3840 kg
- Biji, serat		= 349,6500 kg
TOTAL		= 4489,5690 kg

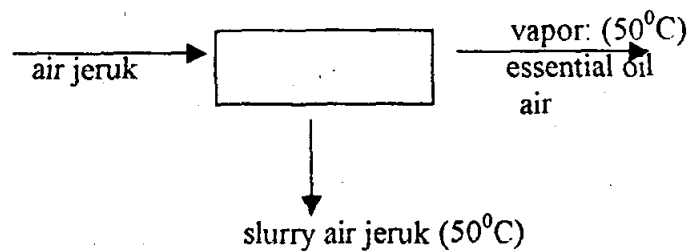
Aliran air jeruk keluar ekstraktor terdiri dari:

- Air	= 90 % x 12.300 kg	= 11.070 kg
- Protein	= 90 % x 75 kg	= 67,5 kg
- Lemak	= 90 % x 15 kg	= 13,5 kg
- Vitamin A	= 90 % x 2,8500 kg	= 2,5650 kg
- Vitamin C	= 90 % x 7,5000 kg	= 6,7500 kg
- Sukrosa	= 90 % x 795 kg	= 715,5000 kg
- <i>Essential oil</i>		= 59,6160 kg
TOTAL		= 11935,4310 kg

Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (gr/hari)
Buah jeruk:		Air jeruk :	
Air	12.300	Air	11.070
Protein	75	Protein	67,5000
Lemak	15	Lemak	13,5000
Vitamin A	2,8500	Vitamin A	2,5650
Vitamin C	7,5000	Vitamin C	6,7500
Sukrosa	795	Sukrosa	715,5000
Kulit jeruk	2880	<i>Essential oil</i>	59,6160
Biji dan serat	349,6500		

		Ampas jeruk:	
		Air	1230
		Protein	7,5000
		Lemak	1,5000
		Vitamin A	0,2850
		Vitamin C	0,7500
		Sukrosa	79,5000
		Kulit jeruk	2820,3840
		Biji dan serat	349,6500
	16.425,0000		16.425,0000

3. Neraca massa di evaporator I



Fungsi: Mengurangi kandungan *essential oil* dalam sari buah jeruk dengan cara menguapkan slurry jeruk sampai suhu 50°C di dalam vacuum evaporator

Data : 10 % massa air dan 75 % massa *essential oil* dari aliran air jeruk masuk menguap. (Ting. S.V. dkk, 1986)

Perhitungan:

Massa air yang masuk evaporator I = 11.070 kg

Massa air yang menguap = 10 % x 11.070 kg
= 1.107 kg

Massa *essential oil* yang masuk evaporator I = 59,6160 kg

Massa *essential oil* yang menguap = 75 % x 59,6160 kg

$$= 44,7120 \text{ kg}$$

Massa air yang tidak teruapkan = $90 \% \times 11.070 \text{ kg}$

$$= 9963 \text{ kg}$$

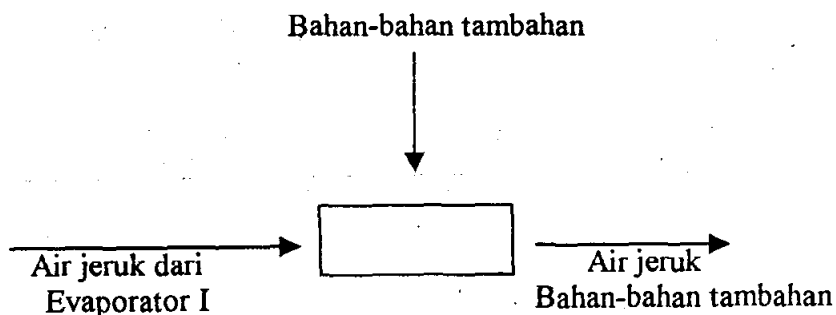
Massa *essential oil* yang tidak teruapkan = $25 \% \times 59,6160 \text{ kg}$

$$= 14,9040 \text{ kg}$$

Komponen-komponen air jeruk yang lain tidak mengalami perubahan massa karena tidak ikut menguap.

Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Air jeruk:		Vapor :	
Air	11.070	Air	1.107
Protein	67,5000	<i>Essential oil</i>	44,7120
Lemak	13,5000	Air jeruk :	
Vitamin A	2,5650	Air	9.963
Vitamin C	6,7500	Protein	67,5000
Sukrosa	715,5000	Lemak	13,5000
<i>Essential oil</i>	59,6160	Vitamin A	2,5650
		Vitamin C	6,7500
		Sukrosa	715,5000
		<i>Essential oil</i>	14,9040
	11.935,4310		11.935,4310

4. Neraca massa di mixer



Fungsi: Untuk mencampur bahan-bahan tambahan dengan slurry jeruk

Data: Perbandingan air jeruk yang masuk dengan bahan-bahan tambahan adalah

1:1 (Tressler,dkk, 1976)

Komposisi komponen bahan-bahan tambahan yang ditambahkan ke dalam mixer adalah sebagai berikut: (menurut Tressler,dkk, 1976)

Komponen:	% berat
Gula	80,28
Citric acid	10,00
Bubuk flavour	5,78
Beatric food	2,50
Tricalcium phosphate	1,30
Asam ascorbat	0,10
Pewarna	0,04
<hr/>	
TOTAL = 100 % berat	

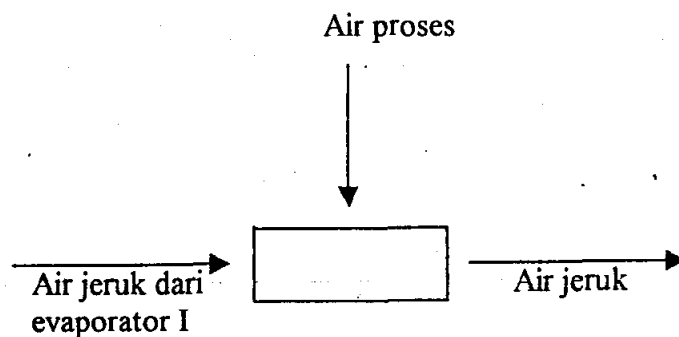
Massa air jeruk = 10.783,7190 kg

Massa gula yang ditambahkan = $(80,28 \% \times 10.783,7190)$ kg
= 8.657,1696 kg

Massa komponen bahan tambahan yang lain = $(\% \text{ berat} \times \text{massa air jeruk})$ kg

Komponen	Masuk (gr/hari)	Komponen	Keluar (gr/hari)
Air jeruk:			
Air	9.963	Air	9.963
Protein	67,5000	Protein	67,5000
Lemak	13,5000	Lemak	13,5000
Vitamin A	2,5650	Vitamin A	2,5650
Vitamin C	6,7500	Vitamin C	6,7500
Sukrosa	715,5000	Sukrosa	715,5000
Essential oil	14,9040	Essential oil	14,9040
Gula	8.657,1696	Gula	8.657,1696
Citric acid	1078,3719	Citric acid	1078,3719
Bubuk flavor	623,2990	Bubuk flavor	623,2990
Beatric food	269,5930	Beatric food	269,5930
Tricalcium phosphate	140,1883	Tricalcium phosphate	140,1883
Asam ascorbat	10,7837	Asam ascorbat	10,7837
Pewarna	4,3135	Pewarna	4,3135
	21.567,4380		21.567,4380

5. Neraca massa di tangki penampung I



Fungsi : Untuk mencampur 50 % dari total air jeruk keluar mixer dan air proses yang kemudian dipackaging menjadi produk cair

Data: Perbandingan air jeruk dengan air proses yang masuk *tangki penampung I* adalah 1:1

Perhitungan:

Massa air jeruk yang keluar mixer = 21.567,4380 kg

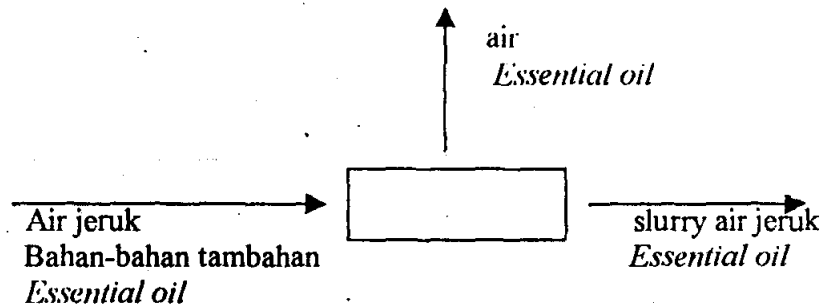
Massa air jeruk masuk tangki penampung I = 50 % x 21.567,4380 kg
 = 10.783,7190 kg

Massa air proses masuk tangki penampung I = 100 % x 10.783,7190 kg
 = 10.783,7190 kg

Komponen	Masuk (gr/hari)	Komponen	Keluar (gr/hari)
Air jeruk:		Air jeruk:	
Air	4981,5000	Air	15765,2190
Protein	33,7500	Protein	33,7500
Lemak	6,7500	Lemak	6,7500
Vitamin A	1,2825	Vitamin A	1,2825
Vitamin C	3,3750	Vitamin C	3,3750
Sukrosa	357,7500	Sukrosa	357,7500
Essential oil	7,4520	Essential oil	7,4520
Gula	4328,5848	Gula	4328,5848
Citric acid	539,1860	Citric acid	539,1860
Bubuk flavor	311,6495	Bubuk flavor	311,6495
Beatric food	134,7965	Beatric food	134,7965
Tricalcium phosphate	70,0942	Tricalcium phosphate	70,0942
Asam ascorbat	5,3919	Asam ascorbat	5,3919
Pewarna	2,1568	Pewarna	2,1568
Air proses	10.783,7190		
	21.567,4380		21.567,4380

Jadi produk jus jeruk yang dihasilkan sebesar **21.567,4380 kg**

6. Neraca massa di evaporator II



Fungsi: Untuk memekatkan 50 % dari air jeruk yang keluar dari mixer karena sisanya dipackaging menjadi produk cair sampai diperoleh larutan kental (slurry) jeruk.

Data :

1. Solubilitas citric acid dan gula di dalam air diambil dari Perry, edisi 6 adalah sebagai berikut:

$$\text{Solubilitas citric acid} = \frac{207,7 \text{ gr citric acid}}{100 \text{ gr H}_2\text{O}}$$

kelarutan zat terlarut dlm pelarut

$$\text{Solubilitas gula} = \frac{179 \text{ gr gula}}{100 \text{ gr H}_2\text{O}}$$

2. *Essential oil* menguap seluruhnya dalam evaporator

Air jeruk yang masuk evaporator terdiri atas:

air	= 4981,5000 kg
protein	= 33,7500 kg
lemak	= 6,7500 kg
vitamin A	= 1,2825 kg
vitamin C	= 3,3750 kg
sukrosa	= 357,7500 kg
essential oil	= 7,4520 kg

gula	= 4328,5848 kg
citric acid	= 539,1860 kg
bubuk flavor	= 311,6495 kg
Beatric foods	= 134,7965 kg
Tricalcium phosphate	= 70,0942 kg
Asam ascorbat	= 5,3919 kg
Pewarna	= 2,1568 kg

Total = 10.783,7190 kg

Massa air dari air jeruk yang masuk = 4981,5000 kg

Perbandingan solubilitas citric acid dalam air jeruk dengan solubilitas dari data

$$\text{(Perry, edisi 6): } \frac{539,1860}{4981,5000} < \frac{207,7 \text{ gr citric acid}}{100 \text{ gr } H_2O} = 0,1082 < 2,077$$

Solubilitas citric acid dalam air jeruk lebih kecil daripada solubilitas citric acid menurut data (Perry, edisi 6) sehingga ada air yang teruapkan.

$$\begin{aligned}\text{Kandungan air yang terdapat di dalam larutan citric acid} &= \frac{539,1860}{207,7} \times 100 \\ &= 259,5985 \text{ kg}\end{aligned}$$

Perbandingan solubilitas gula dalam air jeruk dengan solubilitas dari data (Perry,

$$\text{edisi 6): } \frac{4328,5848}{4981,5000} < \frac{179 \text{ gr gula}}{100 \text{ gr } H_2O} = 0,8689 < 1,79$$

Solubilitas gula dalam air jeruk lebih kecil daripada solubilitas gula menurut data (Perry, edisi 6) sehingga ada air yang teruapkan.

$$\begin{aligned}\text{Kandungan air yang terdapat di dalam larutan gula} &= \frac{4328,5848}{179} \times 100 \\ &= 2418,2038 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kandungan air yang terdapat di dalam larutan gula dan citric acid:

$$= 259,5985 \text{ kg} + 2418,2038 \text{ kg}$$

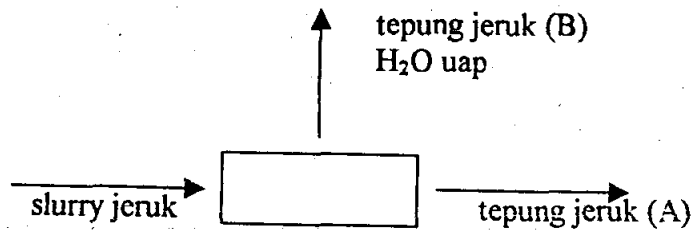
$$= 2677,8023 \text{ kg}$$

Massa air yang menguap = massa air masuk dari feed – massa air dalam larutan gula dan citric acid

$$= (4981,5000 - 2677,8023) \text{ kg} = 2303,6977 \text{ kg}$$

Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Air jeruk:		Vapor:	
Air	4981,5000	Air	2303,6977
Protein	33,7500	<i>Essential oil</i>	7,4520
Lemak	6,7500	Air jeruk:	
Vitamin A	1,2825	Air	2677,8023
Vitamin C	3,3750	Protein	33,7500
Sukrosa	357,7500	Lemak	6,7500
<i>Essential oil</i>	7,4520	Vitamin A	1,2825
Gula	4328,5848	Vitamin C	3,3750
Citric acid	539,1860	Sukrosa	357,7500
Bubuk flavor	311,6495	Gula	4328,5848
Beatric food	134,7965	Citric acid	539,1860
Tricalcium phosphate	70,0942	Bubuk flavor	311,6495
Asam ascorbat	5,3919	Beatric food	134,7965
Pewarna	2,1568	Tricalcium phosphate	70,0942
		Asam ascorbat	5,3919
		Pewarna	2,1568
	10.783,7190		10.783,7190

7. Neraca massa di spray dryer



Fungsi: Untuk mengeringkan slurry jeruk hingga kadar air menjadi 3 % dengan udara panas dari air heater

Data:

1. Efisiensi spray dryer 99 % (perry edisi 6)
2. Produk (tepung jeruk) keluar spray dryer dengan kadar 3 %.

Perhitungan:

Slurry jeruk masuk terdiri dari:

Air	= 2677,8023 kg
Protein	= 33,7500 kg
Lemak	= 6,7500 kg
Vitamin A	= 1,2825 kg
Vitamin C	= 3,3750 kg
Sukrosa	= 357,7500 kg
Gula	= 4328,5848 kg
Citric acid	= 539,1860 kg
Bubuk flavor	= 311,6495 kg
Beatric food	= 134,7965 kg
Tricalcium phosphate	= 70,0942 kg
Asam ascorbat	= 5,3919 kg

Pewarna = 2,1568 kg

TOTAL = 8.472,5695 kg

Tepung jeruk (A) menuju screw conveyor:

Protein = 99 % x 33,7500 kg = 33,4125 kg

Lemak = 99 % x 6,7500 kg = 6,6825 kg

Vitamin A = 99 % x 1,2825 kg = 1,2697 kg

Vitamin C = 99 % x 3,3750 kg = 3,3413 kg

Sukrosa = 99 % x 357,7500 kg = 354,1725 kg

Gula = 99 % x 4328,5848 kg = 4285,2990 kg

Citric acid = 99 % x 539,1860 kg = 533,7941 kg

Bubuk flavor = 99 % x 311,6495 kg = 308,5330 kg

Beatric food = 99 % x 134,7965 kg = 133,4485 kg

Tricalcium phosphate = 99 % x 70,0942 kg = 69,3933 kg

Asam ascorbat = 99 % x 5,3919 kg = 5,3380 kg

Pewarna = 99 % x 2,1568 kg = 2,1352 kg

TOTAL = 5736,8195 kg

$$\text{H}_2\text{O yang terkandung dalam tepung jeruk (A)} = \frac{3\%}{97\%} \times 5736,8195 \text{ kg} \\ = 177,4274 \text{ kg}$$

Tepung jeruk (B) menuju cyclone:

Protein = 1 % x 33,7500 kg = 0,3375 kg

Lemak = 1 % x 6,7500 kg = 0,0675 kg

Vitamin A = 1 % x 1,2825 kg = 0,0128 kg

Vitamin C = 1 % x 3,3750 kg = 0,0337 kg

Sukrosa = 1 % x 357,7500 kg = 3,5775 kg

Gula	= 1 % x 4328,5848 kg	= 43,2858 kg
Citric acid	= 1 % x 539,1860 kg	= 5,3919 kg
Bubuk flavor	= 1 % x 311,6495 kg	= 3,1165 kg
Beatric food	= 1 % x 134,7965 kg	= 1,3480 kg
Tricalcium phosphate	= 1 % x 70,0942 kg	= 0,7009 kg
Asam ascorbat	= 1 % x 5,3919 kg	= 0,0539 kg
Pewarna	= 1 % x 2,1568 kg	= 0,0216 kg
TOTAL		= 57,9477 kg

$$\text{H}_2\text{O yang terkandung dalam tepung jeruk (B)} = \frac{3\%}{97\%} \times 57,9477 \text{ kg}$$

$$= 1,7922 \text{ kg}$$

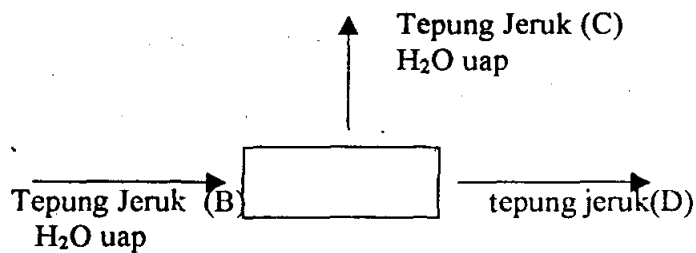
$$\text{H}_2\text{O uap ke cyclone} = \text{H}_2\text{O masuk} - \text{H}_2\text{O(A)} - \text{H}_2\text{O(B)}$$

$$= 2677,8023 - 177,4274 - 1,7922 = 2498,5827 \text{ kg}$$

komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Masuk (kg/hari)
Slurry jeruk:		Uap air	2498,5827
Air	2677,8023	Tepung jeruk (A):	
Protein	33,7500	Air	177,4274
Lemak	6,7500	Protein	33,4125
Vitamin A	1,2825	Lemak	6,6825
Vitamin C	3,3750	Vitamin A	1,2697
Sukrosa	357,7500	Vitamin C	3,3413
Gula	4328,5848	Sukrosa	354,1725
Citric acid	539,1860	Gula	4285,2990
Bubuk flavor	311,6495	Citric acid	533,7941
Beatric food	134,7965	Bubuk flavor	308,5330
Tricalcium phosphate	70,0942	Beatric food	133,4485
Asam ascorbat	5,3919	Tricalcium phosphate	69,3933
Pewarna	2,1568	Asam ascorbat	5,3380
		Pewarna	2,1352
		Tepung jeruk (B):	
		Air	1,7922
		Protein	0,3375
		Lemak	0,0675
		Vitamin A	0,0128
		Vitamin C	0,0337

		Sukrosa	3,5775
		Gula	43,2858
		Citric acid	5,3919
		Bubuk flavor	3,1165
		Beatric food	1,3480
		Tricalcium phosphate	0,7009
		Asam ascorbat	0,0539
		Pewarna	0,0216
	8472,5695		8472,5695

8. Neraca massa di cyclone



Data:

1. Efisiensi cyclone 95 % (Van't Land)
2. H₂O uap ke udara bebas

Perhitungan :

Bahan masuk cyclone:

➤ Tepung jeruk (B):

Protein	= 0,3375 kg
Lemak	= 0,0675 kg
Vitamin A	= 0,0128 kg
Vitamin C	= 0,0337 kg
Sukrosa	= 3,5775 kg
Gula	= 43,2858 kg
Citric acid	= 5,3919 kg

Bubuk flavor	= 3,1165 kg
Beatric food	= 1,3480 kg
Tricalcium phosphate	= 0,7009 kg
Asam ascorbat	= 0,0539 kg
Pewarna	= 0,0216 kg
H ₂ O	= 1,7922 kg
➤ H ₂ Ouap	= 2498,5827 kg

Bahan keluar cyclone menuju screw conveyor (Tepung jeruk padat (D)):

Protein	= 95 % x 0,3375 kg	= 0,3206 kg
Lemak	= 95 % x 0,0675 kg	= 0,0641 kg
Vitamin A	= 95 % x 0,0128 kg	= 0,0122 kg
Vitamin C	= 95 % x 0,0337 kg	= 0,0320 kg
Sukrosa	= 95 % x 3,5775 kg	= 3,3986 kg
Gula	= 95 % x 43,2858 kg	= 41,1215 kg
Citric acid	= 95 % x 5,3919 kg	= 5,1223 kg
Bubuk flavor	= 95 % x 3,1165 kg	= 2,9607 kg
Beatric food	= 95 % x 1,3480 kg	= 1,2806 kg
Tricalcium phosphate	= 95 % x 0,7009 kg	= 0,6659 kg
Asam ascorbat	= 95 % x 0,0539 kg	= 0,0512 kg
Pewarna	= 95 % x 0,0216 kg	= 0,0205 kg
H ₂ O	= 95 % x 1,7922 kg	= 1,7026 kg
TOTAL		= 56,7528 kg

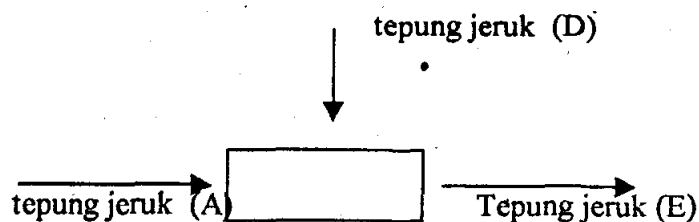
Bahan keluar cyclone menuju udara bebas:

➤ Tepung jeruk padat (C):

Protein	= 5 % x 0,3375 kg	= 0,0169kg
Lemak	= 5 % x 0,0675 kg	= 0,0034 kg
Vitamin A	= 5 % x 0,0128 kg	= 0,0006 kg
Vitamin C	= 5 % x 0,0337 kg	= 0,0017 kg
Sukrosa	= 5 % x 3,5775 kg	= 0,1789 kg
Gula	= 5 % x 43,2858 kg	= 2,1643 kg
Citric acid	= 5 % x 5,3919 kg	= 0,2696 kg
Bubuk flavor	= 5 % x 3,1165 kg	= 0,1558 kg
Beatric food	= 5 % x 1,3480 kg	= 0,0674 kg
Tricalcium phosphate	= 5 % x 0,7009 kg	= 0,0350 kg
Asam ascorbat	= 5 % x 0,0539 kg	= 0,0027 kg
Pewarna	= 5 % x 0,0216 kg	= 0,0011 kg
H ₂ O	= 5 % x 1,7922 kg	= 0,0896 kg
TOTAL		= 2,9870 kg

➤ H₂O uap = 2498,5827 kg

9. Neraca massa di screw conveyor



Fungsi : untuk mengangkut tepung jeruk ke tangki penampung

Perhitungan:

Massa protein keluar screw conveyor = (33,4125 + 0,3206) kg = 33,7331 kg

Massa komponen-komponen lain keluar screw conveyor = massa komponen dalam tepung jeruk (A) + massa komponen dalam tepung jeruk (D)

Komponen	Masuk (kg/hari)	Komponen	Keluar (kg/hari)
Tepung jeruk (A)+(D):		Tepung jeruk (E):	
Protein	33,7331	Protein	33,7331
Lemak	6,7466	Lemak	6,7466
Vitamin A	1,2819	Vitamin A	1,2819
Vitamin C	3,3733	Vitamin C	3,3733
Sukrosa	357,5711	Sukrosa	357,5711
Gula	4326,4205	Gula	4326,4205
Citric acid	538,9164	Citric acid	538,9164
Bubuk flavor	311,4937	Bubuk flavor	311,4937
Beatric food	134,7291	Beatric food	134,7291
Tricalcium phosphate	70,0592	Tricalcium phosphate	70,0592
Asam ascorbat	5,3892	Asam ascorbat	5,3892
Pewarna	2,1557	Pewarna	2,1557
Air	179,1300	Air	179,1300
	5970,9998		5970,9998

UNIVERSITAS
 Seberpeta Antolik Widen Mandala
 SURABAYA

Produk sari buah jeruk dalam bentuk bubuk instant yang dihasilkan sebesar

$$= 5970,9998 \text{ kg / hari}$$

Jadi total produk jus jeruk dan sari buah jeruk dalam bentuk bubuk instant yang

$$\text{dihasilkan sebesar} = 21.567,4380 + 5970,9998 = 27.538,4378 \text{ kg / hari}$$

APPENDIX B
PERHITUNGAN NERACA PANAS

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas produksi = 27.272,72727 kg / hari

= 9000 ton /tahun

Waktu operasi = 330 hari / tahun

Satuan panas = kilokalori (kkal)

Basis waktu = 1 hari = 24 jam

Suhu basis = $T_{ref} = 25^{\circ}\text{C}$

Karena komponen – komponen *essential oil* dalam kulit jeruk merupakan senyawa organik yang yang tidak diketahui sifat-sifat dan kapasitas panasnya dari literature, maka sifat-sifat maupun kapasitas panas masing-masing komponen diestimasi/didekati dengan berbagai persamaan.

Data komposisi komponen *essential oil* pada 100 gr kulit jeruk keprok (*citrus Aunifolia*) diperoleh dari jurnal *Supercritical Desorption of Citrus Peel Oil* (E. Reverchon dan G. Lacuzio, 1997) dan ditampilkan dalam tabel B-1 dibawah ini:

Tabel B-1. Komposisi komponen *essential oil* dalam kulit jeruk keprok (*citrus Aunifolia*):

Komponen	Formula	BM	sg	% berat
β - Pinene	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	136,24	0,878	6,45
Limonene	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	136,24	0,844	45,16
Γ - Terpinene	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	136,24	0,838	9,34
Hydrocarbon Terpene lain	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	136,24	0,848	5,60

Linalool	$C_{10}H_{17}OH$	154,25	0,868	13,75
Linalyl Acetate	$CH_3CO_2C_{10}H_{17}$	196,29	0,895	18,68
Oxygenated Hydrocarbon Terpene lain	$CH_3CO_2C_{10}H_{17}$	196,29	0,919	1,02
				100,00

Tabel B-2 Estimasi kapasitas panas zat cair dengan metode Luria dan Benson

(Prausnitz, 1988, p.151) didekati untuk memperoleh kapasitas panas komponen *essential oil* dan hasilnya ditampilkan di bawah ini:

$$C_p = A + BT^2 + CT^2 + DT^3 \text{ (kkal / kg mol } ^\circ\text{C)};$$

Komponen	T	C_p (kkal / kg mol $^\circ\text{C}$)
β - Pinene	$^\circ\text{C}$	$43,021 - 1,246 \cdot 10^{-2}T + 15,016 \cdot 10^{-4}T^2 - 20,672 \cdot 10^{-7}T^3$
Limonene	$^\circ\text{C}$	$45,213 - 1,411 \cdot 10^{-2}T + 4,188 \cdot 10^{-4}T^2 + 7,652 \cdot 10^{-7}T^3$
γ - Terpinene	$^\circ\text{C}$	$52,69 - 11,253 \cdot 10^{-2}T + 7,821 \cdot 10^{-4}T^2 + 4,372 \cdot 10^{-7}T^3$
H.T lain	$^\circ\text{C}$	$46,975 - 4,637 \cdot 10^{-2}T + 9,008 \cdot 10^{-4}T^2 - 2,869 \cdot 10^{-7}T^3$
Linalool	$^\circ\text{C}$	$59,47 - 18,94 \cdot 10^{-2}T + 11,96 \cdot 10^{-4}T^2 - 7,39 \cdot 10^{-7}T^3$
Linalyl Acetate	$^\circ\text{C}$	$67,92 - 18,73 \cdot 10^{-2}T + 10,8 \cdot 10^{-4}T^2 - 5,67 \cdot 10^{-7}T^3$
O. H. T lain	$^\circ\text{C}$	$67,92 - 18,73 \cdot 10^{-2}T + 10,8 \cdot 10^{-4}T^2 - 5,67 \cdot 10^{-7}T^3$

Komponen Oxygenated Hydrocarbon Terpene lain sebagian besar merupakan senyawa ester dan hanya sebagian kecil saja yang merupakan senyawa alkohol.

Karena itu sifat-sifat komponen Oxygenated Hydrocarbon Terpene lain sifat-sifatnya didekati dengan sifat-sifat Linalyl Acetate (yang merupakan senyawa ester).

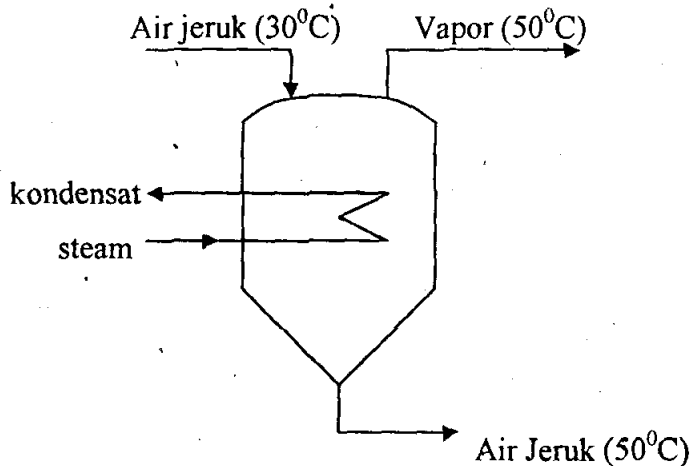
Tabel B-3 Estimasi suhu dan tekanan kritis dengan metode Lydersen (Prausnitz, 1988,

p.12) didekati untuk memperoleh panas laten penguapan (λ) komponen *essential oil* dan hasilnya ditampilkan di bawah ini:

Komponen	BM	$T_b(^{\circ}\text{K})$	$T_c(^{\circ}\text{K})$	P_c (bar)
β - Pinene	136,24	427,00	650,83	28,61
Limonene	136,24	451,00	682,90	28,46

γ - Terpinene	136,24	446,00	667,50	29,15
H. T lain	136,24	441,33	667,08	28,75
Linalool	154,25	471,00	649,76	25,16
Linalyl Acetate	196,29	493,00	687,60	20,46
O.H. T lain	196,29	493,00	687,60	20,46

1. Neraca panas di evaporator I



Fungsi: untuk menguapkan slurry jeruk hingga suhu 50°C di dalam vacuum evaporator

Data:

1. C_p vitamin A dan vitamin C ditentukan dengan cara group contribution for liquid molar heat capacity (Perry, tabel 3-336).
2. Digunakan saturated steam dengan suhu 120°C
3. Suhu larutan masuk = 30°C

Perhitungan:

1. Rumus bangun vitamin A ($C_{20}H_{30}O$); BM vitamin A : 286,4

$$-\text{CH}_3 = 5 \text{ ikatan} = 5 \times 8,8 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 44 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$-\text{CH}_2- \text{ (in ring)} = 3 \text{ ikatan} = 3 \times 6,2 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 18,6 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$\begin{array}{c} | \\ -\text{C}- \text{ (in ring)} = 1 \text{ ikatan} = 1 \times 2,9 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 2,9 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} \\ | \\ || \end{array}$$

$$- \text{C} - (\text{luar ring}) = 1 \text{ ikatan} = 1 \times 3,9 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 3,9 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$- \text{CH} = = 6 \text{ ikatan} = 6 \times 5,3 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 31,8 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$- \text{CH}_2\text{OH} = 1 \text{ ikatan} = 1 \times 17,5 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 17,5 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned} & \parallel \\ - \text{C} - (\text{in ring}) &= 2 \text{ ikatan} = 2 \times 2,9 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = \frac{5,8 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}}{= 124,5 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}} \end{aligned}$$

$$\text{Cp vitamin A (C}_{20}\text{H}_{30}\text{O)} = 124,5 / 286,4$$

$$= 0,4347 \text{ kal / gr } ^\circ\text{K}$$

$$= 0,4347 \text{ kkal / kg } ^\circ\text{K}$$

2. Rumus bangun vitamin C (C₆H₈O₆); BM vitamin C: 176,13

$$- \text{CH}_2\text{OH} = 1 \text{ ikatan} = 1 \times 17,5 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 17,5 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$- \text{OH} = 3 \text{ ikatan} = 3 \times 10,7 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 32,1 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned} & \parallel \\ - \text{C} - &= 2 \text{ ikatan} = 1 \times 2,9 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 2,9 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} \end{aligned}$$

$$> \text{C} = \text{O} = 1 \text{ ikatan} = 1 \times 12,66 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 12,66 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$- \text{O} - (\text{in ring}) = 1 \text{ ikatan} = 1 \times 8,4 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = 8,4 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned} & | \\ - \text{CH} - (\text{in ring}) &= 2 \text{ ikatan} = 2 \times 4,4 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K} = \frac{8,8 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}}{= 85,26 \text{ kal / gr mol } ^\circ\text{K}} \end{aligned}$$

$$\text{Cp vitamin C (C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 85,26 / 176,13$$

$$= 0,4841 \text{ kal / gr } ^\circ\text{K}$$

$$= 0,4841 \text{ kkal / kg } ^\circ\text{K}$$

Entalpi Bahan Masuk:

1. Air: 11.070 kg

$$H_1 = m \cdot \text{Cp} \cdot \Delta T$$

$$= 11.070 \text{ kg} \cdot 0,9987 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 55278,0450 \text{ kkal}$$

2. Protein: 67,5000 kg

$$\begin{aligned} H_2 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 67,5000 \text{ kg} \cdot 0,628 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 211,9500 \text{ kkal} \end{aligned}$$

3. Lemak: 13,5000 kg

$$\begin{aligned} H_3 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 13,5000 \text{ kg} \cdot 0,473 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 31,9275 \text{ kkal} \end{aligned}$$

4. Vitamin A : 2,5650 kg

$$\begin{aligned} H_4 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 2,5650 \text{ kg} \cdot 0,4347 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 5,5750 \text{ kkal} \end{aligned}$$

5. Vitamin C: 6,7500 kg

$$\begin{aligned} H_5 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 6,7500 \text{ kg} \cdot 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 16,3384 \text{ kkal} \end{aligned}$$

6. Sukrosa: 715,5000 kg

$$\begin{aligned} H_6 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 715,5000 \text{ kg} \cdot 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 2029,5158 \text{ kkal} \end{aligned}$$

7. Essential oil: 59,6160 kg

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 59,6160) \text{ kg} = 3,8452 \text{ kg}$$

$$\text{Massa komponen essential oil yang lain} = (\% \text{ berat} \times \text{massa essential oil})$$

Mol β - Pinene = $\frac{3,8452}{136,24} = 0,0282 \text{ kgmol}$

Mol komponen *essential oil* yang lain = $\frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$

Mol total untuk campuran *essential oil* masuk dengan cara yang sama didapatkan sebesar = 0,4042 kgmol

X β - Pinene = $\frac{0,0282}{0,4042} = 0,0698$

Dengan menggunakan data-data tabel B-2 didapatkan:

$\int_{T_1}^{T_2} C_p dt = C_p \text{ rata-rata} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_2.T_1 + T_1^2) + \frac{d}{4} (T_2^2 + T_1^2) (T_2 + T_1)$

Komponen	Xi	$\int_{25}^{30} C_p dt$	$Xi. \int_{25}^{30} C_p dt$
β - Pinene	0,0698	43,7737	3,0566
Limonene	0,4889	45,1586	22,0778
γ- Terpinene	0,1011	50,1977	5,0757
H. T lain	0,0606	46,3769	2,8116
Linalool	0,1315	55,1530	7,2513
Linalyl Acetate	0,1404	63,5764	8,9236
O.H. T lain	0,0077	63,5764	0,4873
	$\sum Xi = 1,000$		$\sum Xi. \int_{25}^{30} C_p dt (C_p \text{ campuran}) = 49,6838$

$H_7 = m. C_p \text{ campuran essential oil} . \Delta T$

$= 0,4042 \text{ kgmol} . 49,6838 \text{ kkal/kgmol} ^\circ\text{C} . (30-25) ^\circ\text{C}$

$= 100,4110 \text{ kkal}$

$\sum H_R = (H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 + H_7) \text{ kkal}$

$= 57.673,7627 \text{ kkal}$

Entalpi Bahan Keluar:

1. Slurry air jeruk terdiri dari:

a. Air : 9.963 kg

$$\begin{aligned} H_1 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 9.963 \text{ kg. } 0,9992 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (50 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 248875,7400 \text{ kkal} \end{aligned}$$

b. Protein: 67,5000 kg

$$\begin{aligned} H_2 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 67,5000 \text{ kg. } 0,628 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (50 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 1059,7500 \text{ kkal} \end{aligned}$$

c. Lemak: 13,5000 kg

$$\begin{aligned} H_3 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 13,5000 \text{ kg. } 0,473 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (50 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 159,6375 \text{ kkal} \end{aligned}$$

d. Vitamin A : 2,5650 kg

$$\begin{aligned} H_4 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 2,5650 \text{ kg. } 0,4347 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (50 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 27,8751 \text{ kkal} \end{aligned}$$

e. Vitamin C: 6,7500 kg

$$\begin{aligned} H_5 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 6,7500 \text{ kg. } 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (50 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 81,6919 \text{ kkal} \end{aligned}$$

f. Sukrosa: 715,5000 kg

$$H_6 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 715,5000 \text{ kg} \cdot 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (50 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 10147,5788 \text{ kkal}$$

g. Essential oil: 14,9040 kg ;

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 14,9040) \text{ kg} = 0,9613 \text{ kg}$$

Massa komponen *essential oil* yang lain = (% berat x massa *essential oil*)

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{0,9613}{136,24} = 0,0071 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen } \textit{essential oil} \text{ yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

Mol total untuk campuran *essential oil* keluar dengan cara yang sama didapatkan

$$\text{sebesar} = 0,1010 \text{ kgmol}$$

$$X_{\beta - \text{Pinene}} = \frac{0,0071}{0,1010} = 0,0699$$

Dengan menggunakan data-data tabel B-2 didapatkan:

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dt = C_p \text{ rata-rata} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2) + \frac{d}{4} (T_2^2 + T_1^2) (T_2 + T_1)$$

Komponen	X_i	$\int_{25}^{50} C_p dt$	$X_i \cdot \int_{25}^{50} C_p dt$
β - Pinene	0,0699	44,6225	3,1174
Limonene	0,4891	45,3395	22,1772
γ - Terpinene	0,1012	49,6363	5,0214
H. T lain	0,0607	46,5330	2,8224
Linalool	0,1315	54,0684	7,1122
Linalyl Acetate	0,1404	62,4380	8,7682
O.H. T lain	0,0077	62,4380	0,4788

	$\sum X_i = 1,000$	$\sum X_i \cdot \int_{25}^{50} C_p dt (C_p \text{ campuran}) = 49,4976$
--	--------------------	---

$$H_7 = m \cdot C_p \text{ campuran essential oil} \cdot \Delta T$$

$$= 0,1010 \text{ kgmol} \cdot 49,4976 \text{ kkal/kgmol}^\circ\text{C} \cdot (50-25)^\circ\text{C}$$

$$= 124,9814 \text{ kkal}$$

$$\sum H_{\text{slurry}} = 260.477,2547 \text{ kkal}$$

2. Uap :

$$- \text{H}_2\text{O} : 1.107 \text{ kg}$$

$$\text{Dari Smith Van Ness edisi 5, p.669 diperoleh } H_v = 2592,2 \text{ kJ/kg}$$

$$= 619,5507 \text{ kkal/kg}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O} = \frac{1.107}{18} = 61,5 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol total untuk campuran uap (H}_2\text{O dan essential oil)} = 61,8031 \text{ kgmol}$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{61,5}{61,8031} = 0,9951$$

$$\text{Essential oil} : 44,7120 \text{ kg}$$

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 44,7120) \text{ kg} = 2,8839 \text{ kg}$$

$$\text{Massa komponen essential oil yang lain} = (\% \text{ berat} \times \text{massa essential oil})$$

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{2,8839}{136,24} = 0,0212 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen essential oil yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

$$X_{\beta - \text{Pinene}} = \frac{0,0212}{61,8031} = 0,0003$$

$$X_{\text{komponen yang lain}} = \frac{\text{mol komponen}}{\text{mol total}}$$

Dimana :

$$\lambda = \Delta H_v = R.T_c.[7,08.(1-Tr)^{0,354} + 10,95. \omega. (1-Tr)^{0,456}] \quad (\text{Prausnitz, 1988})$$

$$\omega = \frac{3}{7} \frac{\theta}{1-\theta} \log P_c - 1; \theta = \frac{T_b}{T_c};$$

Dengan menggunakan persamaan di atas didapatkan:

Komponen	X_i	H_v^i	$X_i. H_v^i$
H ₂ O	0,9951	619,5507	616,5122
β - Pinene	0,0003	9159,9183	3,1373
Limonene	0,0024	10.012,0522	24,0097
γ - Terpinene	0,0005	10.265,8733	5,0916
H. T lain	0,0003	9808,3791	2,9167
Linalool	0,0006	1.3178,6115	8,4989
Linalyl Acetate	0,0007	12.470,7113	8,5859
O.H. T lain	0,00004	12.470,7113	0,4688
	$\sum X_i = 1,000$		$\sum X_i. H_v^i = 669,2211$

$$\sum H_{uap} = m \times \sum X_i. H_v^i$$

$$= (1.107 + 44,7120) \text{ kg} \cdot 669,2211 \text{ kkal/kg}$$

$$= 771.749,9715 \text{ kkal}$$

$$\sum HP = \sum H_{uap} + \sum H_{slurry}$$

$$= (771.749,9715 + 260.477,2547) \text{ kkal}$$

$$= 1.032.227,2262 \text{ kkal}$$

Asumsi: Q loss = 10 % Qs

Neraca panas total :

Panas masuk = panas keluar

$$\sum H_R + Q_s = \sum HP + Q_{\text{loss}}$$

$$57.673,7627 + Q_s = 1.032.227,2262 \text{ kkal} + 0,1 Q_s$$

$$0,9 Q_s = 974553,4635 \text{ kkal}$$

$$Q_s = 1.082.837,1817 \text{ kkal}$$

$$\text{Kebutuhan steam} = 1.082.837,1817 \text{ kkal}$$

Steam yang digunakan bersuhu 120°C , dari Geankoplis App A.2-9, p.857 didapatkan :

$$H_v = 2706,3 \text{ kJ / kg}$$

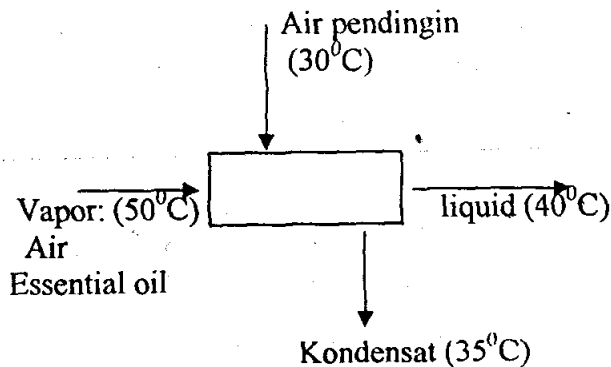
$$H_L = 503,71 \text{ kJ / kg}$$

$$\lambda \text{ steam} = H_v - H_L = 2202,5900 \text{ kJ/kg}$$

$$= 526,4316 \text{ kkal / kg}$$

$$\text{Massa steam yang digunakan} = \frac{1.082.837,1817}{526,4316} = 2.056,9380 \text{ kg}$$

2. Neraca panas di kondensor I



Entalpi bahan masuk:

$$\begin{aligned} \text{Entalpi bahan masuk kondensor } \sum H_R &= \sum H_{\text{uap keluar evaporator I}} \\ &= 771.749,9715 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Entalpi bahan keluar:

Liquid:

- Air: 1.107 kg

$$H_{\text{H}_2\text{O}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 1.107 \text{ kg} \cdot 1,0005 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (40 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 16.613,3025 \text{ kkal}$$

- *Essential oil*: 44,7120 kg ;

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 44,7120) \text{ kg} = 2,8839 \text{ kg}$$

Massa komponen *essential oil* yang lain = (% berat x massa *essential oil*)

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{2,8839}{136,24} = 0,0212 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen } \textit{essential oil} \text{ yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

Mol total untuk campuran *essential oil* keluar dengan cara yang sama didapatkan sebesar = 0,3031 kgmol

$$X_{\beta - \text{Pinene}} = \frac{0,0212}{0,3031} = 0,0698$$

Dengan menggunakan data-data tabel B-2 didapatkan:

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dt = C_p \text{ rata-rata} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2) + \frac{d}{4} (T_2^2 + T_1^2) (T_2 + T_1)$$

Komponen	X_i	$\int_{25}^{40} C_p dt$	$X_i \cdot \int_{25}^{40} C_p dt$
β - Pinene	0,0698	44,1555	3,0837
Limonene	0,4890	45,2323	22,1175
γ - Terpinene	0,1011	49,8893	5,0453
H. T lain	0,0606	46,4260	2,8150
Linalool	0,1315	54,5735	7,1762
Linalyl Acetate	0,1404	62,9732	8,8404
O.H. T lain	0,0077	62,9732	0,4827
	$\sum X_i = 1,000$		$\sum X_i \cdot \int_{25}^{40} C_p dt$ (C_p campuran) = 49,5610

$$H_{\text{essential oil}} = m \cdot C_p \text{ campuran essential oil} \cdot \Delta T$$

$$= 0,3031 \text{ kgmol} \cdot 49,5610 \text{ kkal/kgmol}^{\circ}\text{C} \cdot (40-25)^{\circ}\text{C}$$

$$= 225,3291 \text{ kkal}$$

$$\Sigma H_{\text{liquid}} = H_{\text{H}_2\text{O}} + H_{\text{essential oil}}$$

$$= 16.613,3025 \text{ kkal} + 225,3291 \text{ kkal}$$

$$= 16.838,6316 \text{ kkal}$$

Neraca panas total :

Panas masuk = panas keluar

$$\Sigma H_R = \Sigma H_{\text{liquid}} + Q_{\text{pendingin}}$$

$$771.749,9715 \text{ kkal} = 16.838,6316 \text{ kkal} + m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

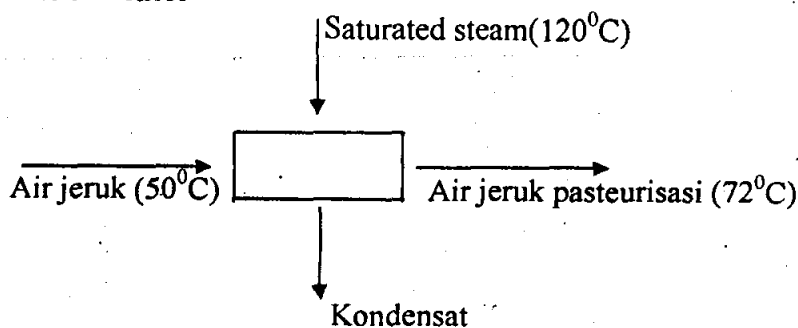
$$771.749,9715 \text{ kkal} = 16.838,6316 \text{ kkal} + m \cdot 0,9987 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C} \cdot (35-30)^{\circ}\text{C}$$

$$754.911,3399 = 4,9935 m$$

$$m = 151.178,8004 \text{ kg}$$

Kebutuhan air pendingin yang dibutuhkan = 151.178,8004 kg

3. Neraca panas di heater



Fungsi : Untuk memanaskan dan mempasteurisasi air jeruk sebelum masuk mixer.

Data : Steam yang digunakan bersuhu 120°C, dari Smith Van Ness edisi 5, p.670

diperoleh λ steam = 526,4316 kkal / kg

Entalpi bahan masuk:

$$\begin{aligned}\text{Entalpi bahan masuk heater } \sum H_R &= \sum H_{\text{slurry}} \text{ keluar evaporator I} \\ &= 260.477,2547 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Entalpi bahan keluar:

1. Air: 9.963 kg

$$\begin{aligned}H_1 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 9.963 \text{ kg. } 1.0013 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (72 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 468869,7393 \text{ kkal}\end{aligned}$$

2. Protein: 67,5000 kg

$$\begin{aligned}H_2 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 67,5000 \text{ kg. } 0,628 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (72 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 1992,3300 \text{ kkal}\end{aligned}$$

3. Lemak: 13,5000 kg

$$\begin{aligned}H_3 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 13,5000 \text{ kg. } 0,473 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (72 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 300,1185 \text{ kkal}\end{aligned}$$

4. Vitamin A : 2,5650 kg

$$\begin{aligned}H_4 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 2,5650 \text{ kg. } 0,4347 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (72 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 52,4053 \text{ kkal}\end{aligned}$$

5. Vitamin C: 6,7500 kg

$$\begin{aligned}H_5 &= m.C_p.\Delta T \\ &= 6,7500 \text{ kg. } 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (72 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 153,5807 \text{ kkal}\end{aligned}$$

6. Sukrosa: 715,5000 kg

$$H_6 = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 715,5000 \text{ kg} \cdot 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (72 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 19.077,4481 \text{ kkal}$$

7. Essential oil: 14,9040 kg ;

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 14,9040) \text{ kg} = 0,9613 \text{ kg}$$

Massa komponen *essential oil* yang lain = (% berat x massa *essential oil*)

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{0,9613}{136,24} = 0,0071 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen } \textit{essential oil} \text{ yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

Mol total untuk campuran *essential oil* keluar dengan cara yang sama didapatkan

$$\text{sebesar} = 0,1080 \text{ kgmol}$$

$$X_{\beta - \text{Pinene}} = \frac{0,0071}{0,1080} = 0,0653$$

Dengan menggunakan data-data tabel B-2 didapatkan:

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dt = C_p \text{ rata-rata} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2) + \frac{d}{4} (T_2^3 + T_1^3) + \frac{e}{5} (T_2^4 + T_2^3 T_1 + T_2^2 T_1^2 + T_2 T_1^3 + T_1^4)$$

Komponen	X_i	$\int_{25}^{72} C_p dt$	$X_i \cdot \int_{25}^{72} C_p dt$
β - Pinene	0,0653	45,9340	3,0010
Limonene	0,4574	45,6987	20,9041
γ - Terpinene	0,0946	49,2775	4,6620
H. T lain	0,0567	46,9704	2,6643
Linalool	0,1230	53,2135	6,5460
Linalyl Acetate	0,1313	61,4953	8,0761
O.H. T lain	0,0717	61,4953	4,4098

	$\sum X_i = 1,000$		$\sum X_i \cdot \int_{25}^{72} C_p dt (C_p \text{ campuran}) = 50,2634$
--	--------------------	--	---

$$H_7 = m \cdot C_p \text{ campuran essential oil} \cdot \Delta T$$

$$= 0,1080 \text{ kgmol} \cdot 50,2634 \text{ kkal/kgmol } ^\circ\text{C} \cdot (72-25) ^\circ\text{C}$$

$$= 255,1370 \text{ kkal}$$

$$\sum HP = 490.700,7589 \text{ kkal}$$

$$\text{Asumsi : } Q_{\text{loss}} = 25 \% Q_s$$

$$\sum HR + Q_s = \sum HP + Q_{\text{loss}}$$

$$260.477,2547 + Q_s = 490.700,7589 + 0,25 Q_s$$

$$0,75 Q_s = 230.223,5042$$

$$Q_s = 306.964,6723 \text{ kkal}$$

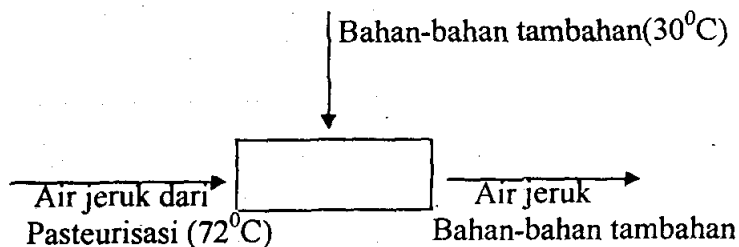
$$\text{Kebutuhan steam} = 306.964,6723 \text{ kkal}$$

Steam yang digunakan bersuhu 120°C , dari Smith Van Ness edisi 5, p.670 diperoleh; λ

$$\text{steam} = 526,4316 \text{ kkal / kg}$$

$$\text{Massa steam yang diperlukan} = \frac{306.964,6723}{526,4316} = 583,1046 \text{ kg}$$

4. Neraca panas di mixer



Entalpi bahan masuk:

1. Air jeruk dari pasteurisasi : ΔH_1

$$\text{Entalpi air jeruk dari pasteurisasi} = \text{Entalpi air jeruk keluar dari heater}$$

$$\Delta H_1 = 490.700,7589 \text{ kkal}$$

2. Bahan-bahan tambahan: ΔH_2 :

a. Gula: 8.657,1696 kg

$$H_a = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 8.657,1696 \text{ kg} \cdot 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 24556,0616 \text{ kkal}$$

b. Citric acid: 1078,3719 kg; BM = 192,12

$$C_p \text{ citric acid } (\text{C}_3\text{H}_4(\text{OH})(\text{CO}_2\text{H})_3) = 6C + 8H + 7O \text{ (Himmelblu)}$$

$$= (6 \cdot 1,8) + (8 \cdot 2,3) + (7 \cdot 4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C}$$

$$= 57,2 / 192,12 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$= 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$H_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 1078,3719 \text{ kg} \cdot 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 1605,1566 \text{ kkal}$$

c. Tricalcium phosphat: 140,1883 kg ; BM = 310,2

$$C_p \text{ Tricalcium phosphate } (\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 3\text{Ca} + 2\text{P} + 8\text{O} \text{ (Himmelblu)}$$

$$= (3 \cdot 6,2) + (2 \cdot 5) + (8 \cdot 4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C}$$

$$= 60,6 / 310,2 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$= 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$H_c = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 140,1883 \text{ kg} \cdot 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (30 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 136,9640 \text{ kkal}$$

d. Asam asorbat : 10,7837 kg

$$C_p \text{ Asam asorbat (Cp vitamin C)} = 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$H_d = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 10,7837 \text{ kg. } 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (30 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 26,1019 \text{ kkal}$$

$$\Delta H_2 = 26.324,2841 \text{ kkal}$$

$$\Sigma HR = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 490.671,4647 \text{ kkal} + 26.324,2841 \text{ kkal}$$

$$= 516.995,7488 \text{ kkal}$$

Entalpi bahan keluar:

1. Air: 9.963 kg

$$H_1 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 9.963 \text{ kg. } 1,0001 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (T - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 9963,9963 T - 249099,9075 \text{ kkal}$$

2. Protein: 67,5000 kg

$$H_2 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 67,5000 \text{ kg. } 0,628 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (T - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 42,3900 T - 1059,7500 \text{ kkal}$$

3. Lemak: 13,5000 kg

$$H_3 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 13,5000 \text{ kg. } 0,473 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (T - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 6,3855 T - 159,6375 \text{ kkal}$$

4. Vitamin A : 2,5650 kg

$$H_4 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 2,5650 \text{ kg. } 0,4347 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (T - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 1,1150 T - 27,8751 \text{ kkal}$$

5. Vitamin C: 6,7500 kg

$$H_5 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 6,7500 \text{ kg} \cdot 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (T - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 3,2677 T - 81,6919 \text{ kkal}$$

6. Sukrosa: 715,5000 kg

$$H_6 = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 715,5000 \text{ kg} \cdot 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (T - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 405,9032 T - 10147,5788 \text{ kkal}$$

7. Essential oil: 14,9040 kg ;

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 14,9040) \text{ kg} = 0,9613 \text{ kg}$$

Massa komponen *essential oil* yang lain = (% berat x massa *essential oil*)

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{0,9613}{136,24} = 0,0071 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen } \textit{essential oil} \text{ yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

Mol total untuk campuran *essential oil* keluar dengan cara yang sama didapatkan

$$\text{sebesar} = 0,1010 \text{ kgmol}$$

$$X_{\beta - \text{Pinene}} = \frac{0,0071}{0,1010} = 0,0699$$

Dengan menggunakan data-data tabel B-2 didapatkan:

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dt = C_p \text{ rata-rata} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2) + \frac{d}{4} (T_2^2 + T_1^2) (T_2 + T_1)$$

Komponen	Xi	$X_i \cdot \int_{25}^T C_p dt$
β - Pinene	0,0699	$-3,612432 \cdot 10^{-8} T^3 + 3,4084172 \cdot 10^{-5} T^2 + 4,617826767 \cdot 10^{-4} T + 3,018712467$
Limonene	0,4891	$9,356483 \cdot 10^{-8} T^3 + 7,061748075 \cdot 10^{-5} T^2 -$

		$1,685163481 \cdot 10^{-3} T + 22,07154921$
γ -Terpinene	0,1012	$1,106116 \cdot 10^{-8} T^3 + 2,6659369 \cdot 10^{-5} T^2 -$ $5,687104724 \cdot 10^{-5} T + 5,206539655$
H. T lain	0,0607	$-4,3537075 \cdot 10^{-9} T^3 + 1,811734398 \cdot 10^{-5} T^2 -$ $9,543958727 \cdot 10^{-4} T + 2,897889077$
Linalool	0,1315	$-2,4294625 \cdot 10^{-8} T^3 + 5,181730105 \cdot 10^{-5} T^2 -$ $0,011157617 T + 7,541364563$
Linalyl Acetate	0,1404	$-1,99017 \cdot 10^{-8} T^3 + 5,00464547 \cdot 10^{-6} T^2 -$ $0,011897298 T + 9,238535536$
O.H. T lain	0,0077	$-1,091475 \cdot 10^{-9} T^3 + 2,744713125 \cdot 10^{-6} T^2 -$ $6,524871661 \cdot 10^{-4} T + 0,50667182$
	$\sum X_i =$ 1,000	$\sum X_i \int_{25}^T C_p dt = 1,88601625 \cdot 10^{-8} T^3 +$ $2,090450254 \cdot 10^{-4} T^2 - 0,025942049 T +$ $50,48126233$

$$H_7 = m. C_p \text{ campuran essential oil} . \Delta T$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,1010 \text{ kgmol} \cdot (1,88601625 \cdot 10^{-8} T^3 + 2,090450254 \cdot 10^{-4} T^2 - 0,025942049 T \\
 &\quad + 50,48126233) \text{ kkal/kgmol } ^\circ\text{C} \cdot (T-25) ^\circ\text{C} \\
 &= 1,904876413 \cdot 10^{-9} T^4 + 2,111354757 \cdot 10^{-5} T^3 - 2,620146949 \cdot 10^{-3} T^2 + \\
 &\quad 5,098607495 T - 4,762191033 \cdot 10^{-8} T^3 - 5,278386893 \cdot 10^{-4} T^2 + \\
 &\quad 0,065503673 T - 127,4651874 \\
 &= 1,904876413 \cdot 10^{-9} T^4 + 2,106592566 \cdot 10^{-5} T^3 - 3,147985638 \cdot 10^{-3} T^2 + \\
 &\quad 5,164111168 T - 127,4651874
 \end{aligned}$$

8. Gula: 8.657,1696kg

$$H_8 = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned}
 &= 8.657,1696 \text{ kg} \cdot 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (T-25) ^\circ\text{C} \\
 &= 4911,2123 T - 122780,3079 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

9. Citric acid: 1078,3719 kg; BM = 192,12

$$\begin{aligned}
 \text{Cp citric acid (C}_3\text{H}_4\text{(OH)(CO}_2\text{H}_3\text{))} &= 6\text{C} + 8\text{H} + 7\text{O (Himmelblu)} \\
 &= (6.1,8) + (8.2,3) + (7.4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 57,2 / 192,12 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \\
 &= 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_9 &= m.\text{Cp}.\Delta T \\
 &= 1078,3719 \text{ kg. } 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. (T -25) } ^\circ\text{C} \\
 &= 321,0313 \text{ T - 8025,7829 kkal}
 \end{aligned}$$

10. Tricalcium phosphat: 140,1883 kg ; BM = 310,2

$$\begin{aligned}
 \text{Cp Tricalcium phosphate(Ca}_3\text{(PO}_4\text{))}_2 &= 3\text{Ca} + 2\text{P} + 8\text{O (Himmelblu)} \\
 &= (3.6,2) + (2.5) + (8.4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C} \\
 &= 60,6 / 310,2 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \\
 &= 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{10} &= m.\text{Cp}.\Delta T \\
 &= 140,1883 \text{ kg. } 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. (T -25) } ^\circ\text{C} \\
 &= 27,3928 \text{ T - 684,8198 kkal}
 \end{aligned}$$

11. Asam asorbat : 10,7837 kg

$$\text{Cp Asam asorbat (Cp vitamin C)} = 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 H_{11} &= m.\text{Cp}.\Delta T \\
 &= 10,7837 \text{ kg. } 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. (T -25) } ^\circ\text{C} \\
 &= 5,2204 \text{ T - 130,5097 kkal}
 \end{aligned}$$

Σ HP = Entalpi bahan keluar

$$\begin{aligned}
 &= 1,904876413.10^{-9} \text{ T}^4 + 2,106592566.10^{-5} \text{ T}^3 - 3,147985638.10^{-3} \text{ T}^2 + \\
 &15693,07861 \text{ T - 391425,3263}
 \end{aligned}$$

$$\sum HP = \sum HR$$

$$= 516.995,7488 \text{ kkal}$$

$$516.995,7488 = 1,904876413 \cdot 10^{-9} T^4 + 2,106592566 \cdot 10^{-5} T^3 - 3,147985638 \cdot 10^{-3} T^2 + 15693,07861 T - 391425,3263$$

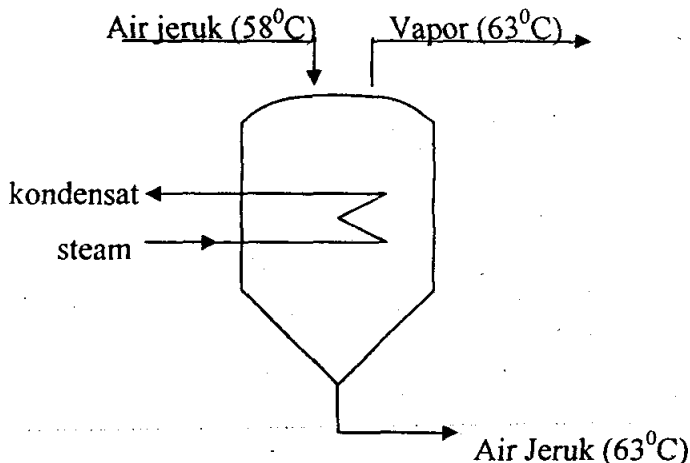
$$1,904876413 \cdot 10^{-9} T^4 + 2,106592566 \cdot 10^{-5} T^3 - 3,147985638 \cdot 10^{-3} T^2 + 15693,07861 T - 908421,0751 = 0$$

Dengan cara trial T didapatkan:

$$T = 57,8871 \approx 58^{\circ}\text{C}$$

Jadi suhu larutan campuran air jeruk dengan bahan-bahan tambahan = suhu feed masuk evaporator = 58°C

5. Neraca massa di evaporator II:



Data : 1. Digunakan saturated steam dengan suhu 120°C dan tekanan 198,54 kpa

2. Suhu larutan masuk = 58°C

3. Untuk bubuk flavour, beatric food dan pewarna diabaikan karena cpnya tidak diketahui.

Entalpi bahan masuk :

1. Air: 4981,5000 kg

$$H_1 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 4981,5000 \text{ kg. } 1,0001 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 164405,9390 \text{ kkal}$$

2. Protein: 33,7500 kg

$$H_2 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 33,7500 \text{ kg. } 0,628 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 699,4350 \text{ kkal}$$

3. Lemak: 6,7500 kg

$$H_3 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 6,7500 \text{ kg. } 0,473 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 105,3608 \text{ kkal}$$

4. Vitamin A : 1,2825 kg

$$H_4 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 1,2825 \text{ kg. } 0,4347 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 18,3976 \text{ kkal}$$

5. Vitamin C: 3,3750 kg

$$H_5 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 3,3750 \text{ kg. } 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 53,9166 \text{ kkal}$$

6. Sukrosa: 357,7500 kg

$$H_6 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 357,7500 \text{ kg. } 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 6697,4020 \text{ kkal}$$

7. Essential oil: 7,4520 kg ;

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 7,4520) \text{ kg} = 0,4807 \text{ kg}$$

Massa komponen *essential oil* yang lain = (% berat x massa *essential oil*)

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{0,4807}{136,24} = 0,0035 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen } \textit{essential oil} \text{ yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

Mol total untuk campuran *essential oil* masuk dengan cara yang sama didapatkan sebesar = 0,0505 kgmol

$$X_{\beta - \text{Pinene}} = \frac{0,0035}{0,0505} = 0,0699$$

Dengan menggunakan data-data tabel B-2 didapatkan:

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dt = C_p \text{ rata-rata} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2) + \frac{d}{4} (T_2^2 + T_1^2) (T_2 + T_1)$$

Komponen	X_i	$\int_{25}^{58} C_p dt$	$X_i \cdot \int_{25}^{58} C_p dt$
β - Pinene	0,0699	45,0552	3,1476
Limonene	0,4891	45,4501	22,2313
γ - Terpinene	0,1012	49,4741	5,0050
H. T lain	0,0607	46,6600	2,8302
Linalool	0,1315	53,7171	7,0660
Linalyl Acetate	0,1404	62,0582	8,7148
O.H. T lain	0,0077	62,0582	0,4759
	$\sum X_i = 1,000$		$\sum X_i \cdot \int_{25}^{58} C_p dt$ (Cp campuran) = 49,4707

$$\begin{aligned} H_7 &= m \cdot C_p \text{ campuran } \textit{essential oil} \cdot \Delta T \\ &= 0,0505 \text{ kgmol} \cdot 49,4707 \text{ kkal/kgmol } ^\circ\text{C} \cdot (58-25) ^\circ\text{C} \\ &= 82,4429 \text{ kkal} \end{aligned}$$

8. Gula: 4328,5848 kg

$$H_8 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 4328,5848 \text{ kg} \cdot 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 81035,0032 \text{ kkal}$$

9. Citric acid: 539,1860 kg; BM = 192,12

$$C_p \text{ citric acid } (C_3H_4(OH)(CO_2H)_3) = 6C + 8H + 7O \text{ (Himmelblu)}$$

$$= (6 \cdot 1,8) + (8 \cdot 2,3) + (7 \cdot 4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C}$$

$$= 57,2 / 192,12 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$= 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$H_9 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 539,1860 \text{ kg} \cdot 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 5297,0172 \text{ kkal}$$

10. Tricalcium phosphat: 70,0942 kg ; BM = 310,2

$$C_p \text{ Tricalcium phosphate } (Ca_3(PO_4)_2) = 3Ca + 2P + 8O \text{ (Himmelblu)}$$

$$= (3 \cdot 6,2) + (2 \cdot 5) + (8 \cdot 4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C}$$

$$= 60,6 / 310,2 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$= 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$H_{10} = m.C_p.\Delta T$$

$$= 70,0942 \text{ kg} \cdot 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 451,9814 \text{ kkal}$$

11. Asam asorbat : 5,3919 kg

$$C_p \text{ Asam asorbat (Cp vitamin C)} = 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$H_{11} = m.C_p.\Delta T$$

$$= 5,3919 \text{ kg} \cdot 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (58 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 86,1372 \text{ kkal}$$

$$\Sigma HR = 258.933,0329 \text{ kkal}$$

Entalpi bahan keluar :

➤ Slurry jeruk terdiri dari:

1. Air: 2677,8023 kg

$$H_1 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 2677,8023 \text{ kg. } 1,0001 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 101766,6630 \text{ kkal}$$

2. Protein: 33,7500kg

$$H_2 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 33,7500 \text{ kg. } 0,628 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 805,4100 \text{ kkal}$$

3. Lemak: 6,7500kg

$$H_3 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 6,7500 \text{ kg. } 0,473 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 121,3245 \text{ kkal}$$

4. Vitamin A : 1,2825 kg

$$H_4 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 1,2825 \text{ kg. } 0,4347 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 21,1851 \text{ kkal}$$

5. Vitamin C: 3,3750 kg

$$H_5 = m.C_p.\Delta T$$

$$= 3,3750 \text{ kg. } 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$= 62,0858 \text{ kkal}$$

6. Sukrosa: 357,7500kg

$$\begin{aligned} H_6 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 357,7500 \text{ kg. } 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 7712,1599 \text{ kkal} \end{aligned}$$

7. Gula: 4328,5848 kg

$$\begin{aligned} H_7 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 4328,5848 \text{ kg. } 0,5673 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 93313,0340 \text{ kkal} \end{aligned}$$

8. Citric acid: 539,1860 kg; BM = 192,12

$$\begin{aligned} \text{Cp citric acid (C}_3\text{H}_4\text{(OH)(CO}_2\text{H)}_3\text{)} &= 6C + 8H + 7O \text{ (Himmelblu)} \\ &= (6.1,8) + (8.2,3) + (7.4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C} \\ &= 57,2 / 192,12 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \\ &= 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_8 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 539,1860 \text{ kg. } 0,2977 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 6099,5955 \text{ kkal} \end{aligned}$$

9. Tricalcium phosphat: 70,0942 kg ; BM = 310,2

$$\begin{aligned} \text{Cp Tricalcium phosphate(Ca}_3\text{(PO}_4\text{)}_2\text{)} &= 3Ca + 2P + 8O \text{ (Himmelblu)} \\ &= (3.6,2) + (2.5) + (8.4) \text{ kkal/kg mol } ^\circ\text{C} \\ &= 60,6 / 310,2 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \\ &= 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_9 &= m.Cp.\Delta T \\ &= 70,0942 \text{ kg. } 0,1954 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C. } (63 - 25) ^\circ\text{C} \\ &= 520,4635 \text{ kkal} \end{aligned}$$

10. Asam asorbat : 5,3919 kg

Cp Asam asorbat (Cp vitamin C) = 0,4841 kkal/kg °C

$$H_{10} = m.Cp.\Delta T$$

$$= 5,3919 \text{ kg} \cdot 0,4841 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (63-25) ^\circ\text{C}$$

$$= 99,1883 \text{ kkal}$$

$$\Sigma H \text{ slurry} = 210.521,1096 \text{ kkal}$$

➤ Uap terdiri dari:

- H₂O : 2303,6977 kg

Dari Smith Van Ness edisi 5, p.669 pada T = 63°C, tekanan 22,86 kPa diperoleh :

$$H_v = 2614,9 \text{ kJ/kg}$$

$$= 624,9761 \text{ kkal/kg}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O} = \frac{2303,6977}{18} = 127,9832 \text{ kgmol}$$

Mol total untuk campuran uap (H₂O dan *essential oil*) = 128,0337 kgmol

$$X \text{ H}_2\text{O} = \frac{127,9832}{128,0337} = 0,9996$$

- Essential oil : 7,4520 kg

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 7,4520) \text{ kg} = 0,4807 \text{ kg}$$

Massa komponen *essential oil* yang lain = (% berat x massa *essential oil*)

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{0,4807}{136,24} = 0,0035 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen } \textit{essential oil} \text{ yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

$$X \beta - \text{Pinene} = \frac{0,0035}{128,0337} = 0,00002756$$

$$X \text{ komponen yang lain} = \frac{\text{mol komponen}}{\text{mol total}}$$

Dimana :

$$\lambda = \Delta H_v = R \cdot T_c [7,08 \cdot (1 - T_r)^{0,354} + 10,95 \cdot \omega \cdot (1 - T_r)^{0,456}] \quad (\text{Prausnitz, 1988})$$

$$\omega = \frac{3}{7} \frac{\theta}{1 - \theta} \log P_c - 1; \theta = \frac{T_b}{T_c};$$

Dengan menggunakan persamaan di atas didapatkan:

Komponen	X_i	H_v^i	$X_i \cdot H_v^i$
H ₂ O	0,9996	624,9761	624,7261
β - Pinene	0,00002756	9021,6239	0,2486
Limonene	0,00019293	9873,8050	1,9049
γ - Terpinene	0,00003990	10021,3086	0,3999
H. T lain	0,00002392	9666,3393	0,2313
Linalool	0,00005188	12966,0819	0,6727
Linalyl Acetate	0,00005539	12294,1496	0,6810
O.H. T lain	0,00000302	12294,1496	0,0372
	$\sum X_i = 1,0000$		$\sum X_i \cdot H_v^i = 628,9016$

$$\sum H_{uap} = m \times \sum X_i \cdot H_v^i$$

$$= (2303,6977 + 7,4520) \text{ kg} \cdot 628,9016 \text{ kkal/kg}$$

$$= 1.453.485,7442 \text{ kkal}$$

$$\sum H_P = \sum H_{uap} + \sum H_{slurry}$$

$$= (1.453.485,7442 + 210.521,1096) \text{ kkal}$$

$$= 1.664.006,8538 \text{ kkal}$$

Asumsi: Q loss = 10 %. Qs

Neraca panas total :

Panas masuk = panas keluar

$$\sum H_R + Q_s = \sum H_P + Q_{\text{loss}}$$

$$258.933,0329 \text{ kkal} + Q_s = 1.664.006,8538 \text{ kkal} + 0,1 Q_s$$

$$0,9 Q_s = 1.405.073,8209 \text{ kkal}$$

$$Q_s = 1.561.193,1343 \text{ kkal}$$

$$\text{Kebutuhan steam} = 1.561.193,1343 \text{ kkal}$$

Steam yang digunakan bersuhu 120°C , dari Geankoplis App A.2-9, p.857 didapatkan :

$$H_v = 2706,3 \text{ kJ / kg}$$

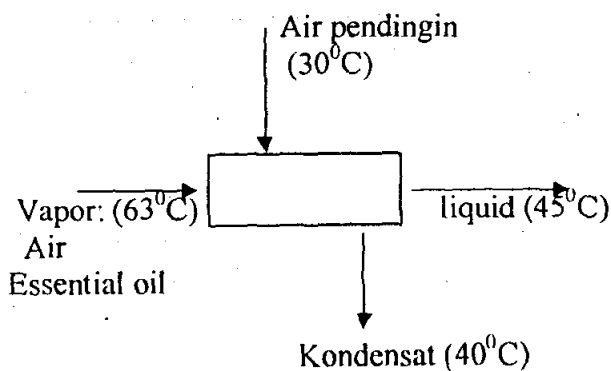
$$H_L = 503,71 \text{ kJ / kg}$$

$$\lambda_{\text{steam}} = H_v - H_L = 2202,5900 \text{ kJ/kg}$$

$$= 526,4316 \text{ kkal / kg}$$

$$\text{Massa steam yang digunakan} = \frac{1.561.193,1343}{526,4316} = 2965,6144 \text{ kg}$$

6. Neraca panas di kondensor II



Entalpi bahan masuk:

$$\begin{aligned} \text{Entalpi bahan masuk kondensor } \sum H_R &= \sum H_{\text{uap keluar evaporator II}} \\ &= 1.453.485,7442 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Entalpi bahan keluar:

Liquid:

- Air: 2303,6977 kg

$$H_{H_2O} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 2303,6977 \text{ kg} \cdot 1,0005 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \cdot (45 - 25)^\circ\text{C}$$

$$= 46.096,9910 \text{ kkal}$$

- *Essential oil*: 7,4520 kg ;

$$\text{Massa } \beta - \text{Pinene} = (0,0645 \times 7,4520) \text{ kg} = 0,4807 \text{ kg}$$

Massa komponen *essential oil* yang lain = (% berat x massa *essential oil*)

$$\text{Mol } \beta - \text{Pinene} = \frac{0,4807}{136,24} = 0,0035 \text{ kgmol}$$

$$\text{Mol komponen } \textit{essential oil} \text{ yang lain} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{BM komponen}}$$

Mol total untuk campuran *essential oil* keluar dengan cara yang sama didapatkan

$$\text{sebesar} = 0,0505 \text{ kgmol}$$

$$X_{\beta - \text{Pinene}} = \frac{0,0035}{0,0505} = 0,0699$$

Dengan menggunakan data-data tabel B-2 didapatkan:

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dt = C_p \text{ rata-rata} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2) + \frac{d}{4} (T_2^3 + T_1^3) + \frac{e}{5} (T_2^4 + T_1^4)$$

Komponen	X_i	$\int_{25}^{45} C_p dt$	$X_i \cdot \int_{25}^{45} C_p dt$
β - Pinene	0,0699	44,3785	3,1003
Limonene	0,4891	45,2816	22,1489
γ - Terpinene	0,1012	49,7559	5,0335
H. T lain	0,0607	46,4723	2,8188
Linalool	0,1315	54,3117	7,1442
Linalyl Acetate	0,1404	62,6972	8,8046

Suhu feed masuk = 63°C

Suhu produk keluar (powder) = 70°C

Suhu udara pengering masuk = 100°C

Suhu udara pengering keluar = 85°C

Sebagai udara pemanas adalah udara luar yang dipanaskan terlebih dahulu di heater sebelum dihembuskan ke spray dryer.

Udara luar pada 30°C dan persen kelembaban 70 % (dari Geankoplis, hal 529, fig 9.3-2) didapatkan:

$$H'G = (1,005 + 1,88.H).(T_G - T_0) + H_1.\lambda_0$$

Dimana:

$H'G$ = Entalpi udara

T_G = Suhu udara dari entalpi yang dicari ($^{\circ}\text{C}$)

λ_0 = Panas laten dari suhu reference (kj/kg)

Karena suhu reference di perhitungan ini ditetapkan pada 25°C , maka panas laten H_2O pada 25°C = 2442,5 kj / kg (Smith Van Ness, 1996, hal 668)

Maka entalpi udara masuk pada 100°C :

$$\begin{aligned} H'G_2 &= (1,005 + 1,88.0,019).(100 - 25) + (2442,5 \cdot 0,019) \\ &= 124,4615 \text{ kj / kg} \end{aligned}$$

Kadar air produk = 3 %

$$X_2 = \frac{3}{100 - 3} = 0,0309 \text{ kg H}_2\text{O / kg dry solid}$$

$$\text{Kadar air feed} = X_1 = \frac{2677,8023}{5794,7672} = 0,4621 \text{ kg H}_2\text{O / kg dry solid}$$

$$\text{Jumlah solid} = (8472,5695 - 2677,8023) \text{ kg}$$

$$= 5794,7672 \text{ kg / hari} = 241,4486 \text{ kg / jam}$$

a. Entalpi bahan masuk spray dryer pada 63°C:

Entalpi bahan masuk spray dryer $\sum H_R$ = entalpi bahan keluar evaporator 2

$$= 210.521,1096 \text{ kkal / hari}$$

b. Entalpi bahan keluar spray dryer pada 70°C:

1. Panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan tepung:

➤ Tepung jeruk menuju screw conveyor (A) terdiri dari:

Air	= 177,4274 x 1,0013. (70 -25) kkal	= 7994,6125 kkal
Protein	= 33,4125 x 0,628. (70 -25) kkal	= 944,2373 kkal
Lemak	= 6,6825 x 0,473. (70 -25) kkal	= 142,2370 kkal
Vitamin A	= 1,2697 x 0,4347. (70 -25) kkal	= 24,8372 kkal
Vitamin C	= 3,3413 x 0,4841 . (70 - 25) kkal	= 72,7885 kkal
Sukrosa	= 354,1725 x 0,5673 . (70 -25) kkal	= 9041,4927 kkal
Gula:	= 4285,2990 x 0,5673.(70 -25) kkal	= 109.397,2555 kkal
Citric acid	= 533,7941 x 0,2977.(70 -25) kkal	= 7150,9727 kkal
Tricalcium phosphat	= 69,3933 x 0,1954 . (70 -25) kkal	= 610,1753 kkal
Asam asorbat	= 5,3380 x 0,4841. (70-25) kkal	= 116,2857 kkal

$$\sum H_A = 135.494,8943 \text{ kkal}$$

➤ Tepung jeruk menuju ^{cyclone} screw conveyor (B) terdiri dari:

Air	= 1,7922 x 1,0013. (70 -25) kkal	= 80,7538 kkal
Protein	= 0,3375 x 0,628. (70 -25) kkal	= 9,5378 kkal
Lemak	= 0,0675 x 0,473. (70 -25) kkal	= 1,4367 kkal
Vitamin A	= 0,0337 x 0,4347. (70 -25) kkal	= 0,2504 kkal
Vitamin C	= 0,0337 x 0,4841 . (70 - 25) kkal	= 0,7341 kkal

$$\text{Sukrosa} = 3,5775 \times 0,5673 \cdot (70 - 25) \text{ kkal} = 91,3282 \text{ kkal}$$

$$\text{Gula:} = 43,2858 \times 0,5673 \cdot (70 - 25) \text{ kkal} = 1105,0215 \text{ kkal}$$

$$\text{Citric acid} = 5,3919 \times 0,2977 \cdot (70 - 25) \text{ kkal} = 72,2326 \text{ kkal}$$

$$\text{Tricalcium phosphat} = 0,7009 \times 0,1954 \cdot (70 - 25) \text{ kkal} = 6,1630 \text{ kkal}$$

$$\text{Asam asorbat} = 0,0539 \times 0,4841 \cdot (70 - 25) \text{ kkal} = 1,1742 \text{ kkal}$$

$$\Sigma H_B = 1368,6324 \text{ kkal}$$

$$\text{Panas yang digunakan untuk mengeringkan bahan (Q1)} = \Sigma H_A + \Sigma H_B$$

$$= 135.494,8943 + 1368,6324 \text{ kkal}$$

$$= 136863,5267 \text{ kkal}$$

2. Panas yang digunakan untuk menguapkan bahan:

Uap menuju cyclone:

$$- \text{H}_2\text{O} : 2498,5827 \text{ kg}$$

$$\text{Dari Smith Van Ness edisi 5, p.669 diperoleh } H_v = 2626,9 \text{ kJ/kg}$$

$$= 627,8442 \text{ kkal/kg}$$

$$H_2 = m \cdot H_v$$

$$H_2 = 2498,5827 \text{ kg} \times 627,8442 \text{ kkal/kg}$$

$$= 1.568.720,6564 \text{ kkal}$$

$$\text{Panas yang digunakan untuk menguapkan bahan (Q2)} = 1.568.720,6564 \text{ kkal}$$

$$\Sigma H_p = Q1 + Q2 = 136863,5267 \text{ kkal} + 1.568.720,6564 \text{ kkal}$$

$$= 1.705.584,1831 \text{ kkal / hari}$$

Neraca massa udara:

$$L_s \cdot X_1 + G_s \cdot H_2 = L_s \cdot X_2 + G_s \cdot H_1 \quad (\text{Geankoplis, persamaan 9.10-23})$$

$$L_s \cdot (X_1 - X_2) = G_s \cdot (H_1 - H_2)$$

Dimana:

L_s = Jumlah dry solid (kg / jam)

X_1 = Jumlah moisture / H_2O masuk (kg H_2O / kg solid kering)

X_2 = Jumlah moisture / H_2O keluar (kg H_2O / kg solid kering)

G_s = Rate udara kering (kg / jam)

H_1 = Rate H_2O / kg udara kering yang keluar spray dryer

H_2 = Rate H_2O / kg udara kering yang masuk spray dryer

Maka:

$$241,4486 (0,4621 - 0,0309) = G_s (H_1 - 0,019)$$

$$104,1126 = G_s H_1 - 0,019 G_s$$

$$\text{atau : } G_s H_1 - 0,019 G_s - 104,1126 = 0 \quad \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

Neraca panas:

$$L_s \cdot H'S_1 + G_s \cdot H'G_2 = G_s \cdot H'G_1 + L_s \cdot H'S_2 + Q \quad (\text{Geankoplis, pers 9.10-26})$$

Dimana:

$H'S_1$ = entalpi bahan yang dipanasi masuk (feed), kj/ kg

$H'S_2$ = entalpi bahan yang dipanasi keluar, kj/ kg

$H'G_1$ = entalpi udara pemanas masuk, kj / kg

$H'G_2$ = entalpi udara pemanas keluar, kj / kg

Q = heat losses = panas yang hilang

$H'G_1$ pada suhu pemanas keluar = 85°C dihitung dari persamaan:

$$H'G_1 = (1,005 + 1,88.H_1).(85 - 25) + (2442,5 \cdot H_1)$$

$$H'G_1 = 60,3 + 2555,3 H_1$$

Entalpi solid masuk:

$$H'S_1 = C_{ps} \cdot (T_{s1} - T_0) + X_1 \cdot C_{pA} \cdot (T_{s1} - T_0)$$

$$= 17,2982 \text{ kj/kg}^\circ\text{C} \cdot (63-25)^\circ\text{C} + 0,4621 \cdot 4,187 \text{ kj/kg}^\circ\text{C} \cdot (63-25)^\circ\text{C}$$

$$= 730,8545 \text{ kJ / kg}$$

Entalpi solid keluar:

$$H'S_2 = C_{p_s} \cdot (T_{s_2} - T_0) + X_2 \cdot C_{p_A} \cdot (T_{s_2} - T_0)$$

$$= 17,2982 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \cdot (70-25)^{\circ}\text{C} + 0,0309 \cdot 4,187 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \cdot (70-25)^{\circ}\text{C}$$

$$= 784,2410 \text{ kJ / kg}$$

Harga-harga yang dimasukkan ke neraca panas entalpi:

$$L_s \cdot H'S_1 + G_s \cdot H'G_2 = L_s \cdot H'S_2 + G_s \cdot H'G_1 + Q$$

$$176.463,7958 + 124,4615 G_s = 189.353,8915 + (60,3 + 2555,3 H_1) \cdot G_s + Q$$

Asumsi:

Q = panas yang hilang = 10 % dari panas (entalpi) yang masuk spray dryer

$$= 0,10 \cdot (176.463,7958 + 124,4615 G_s)$$

$$176.463,7958 + 124,4615 G_s = 189.353,8915 + 60,3 G_s + 2555,3 G_s H_1 +$$

$$[0,10 \cdot (176.463,7958 + 124,4615 G_s)]$$

$$30.536,4753 - 51,7154 G_s + 2555,3 G_s H_1 \dots \dots \dots (\text{pers 2})$$

$$G_s H_1 - 0,019 G_s - 104,1126 = 0 \dots \dots \dots (\text{pers 1})$$

Persamaan 1 dikalikan dengan 2555,3 menjadi:

$$2555,3 G_s H_1 - 48,5507 G_s - 266.038,9268 = 0 \dots \dots \dots (\text{pers 1})$$

$$2555,3 G_s H_1 - 51,7154 G_s + 30.536,4753 = 0 \dots \dots \dots (\text{pers 2})$$

$$3,1647 G_s - 296.575,4021 = 0$$

$$G_s = \frac{296.575,4021}{3,1647} \text{ kg/jam}$$

$$= 93.713,5912 \text{ kg / jam}$$

$$= 2.249.126,1888 \text{ kg / hari}$$

Harga G_s ini dimasukkan ke pers (1):

$$G_s H_1 - 0,019 G_s - 104,1126 = 0$$

$$93.713,5912 H_1 - 0,019. 93.713,5912 - 104,1126 = 0$$

$$93.713,5912 H_1 = 1884,6708$$

$$H_1 = \frac{1884,6708}{93.713,5912} = 0,0201 \text{ kg H}_2\text{O / kg udara kering}$$

Maka udara mengandung 0,0201 kg H₂O / kg udara kering

$$\begin{aligned} &= (1 + 0,0201) \times 93.713,5912 \text{ kg / jam} &&= 95.597,2344 \text{ kg / jam} \\ &&&= 2.294.333,6252 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Entalpi udara masuk} = H'G_2.G_s$$

$$= (124,4615. 93.713,5912) \text{ kj / jam}$$

$$= 11.663.734,1311 \text{ kj / jam}$$

$$= 279929619,1473 \text{ kj / hari} = 66904784,6910 \text{ kkal / hari}$$

$$\text{Entalpi udara keluar dari persamaan } (60,3 + 2555,3 H_1).G_s$$

$$= [60,3 + 2555,3.(0,0201)]. 93.713,5912$$

$$= 10464202,9752 \text{ kj /jam}$$

$$= 251140871,4045 \text{ kj / hari} = 60024108,8443 \text{ kkal / hari}$$

Total entalpi masuk spray dryer:

$$\text{Bahan masuk spray dryer} = 210.521,1096 \text{ kkal}$$

$$\text{Udara panas} = 66904784,6910 \text{ kkal}$$

$$= 67115305,8006 \text{ kkal}$$

Total entalpi keluar spray dryer:

$$\text{Bahan keluar spray dryer} = 1.705.584,1831 \text{ kkal}$$

$$\text{Udara panas} = 60024108,8443 \text{ kkal}$$

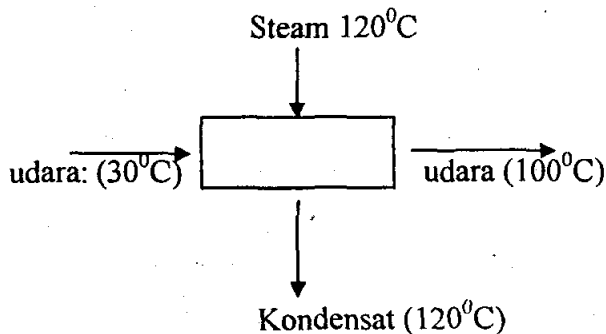
$$= 61729693,0274 \text{ kkal}$$

Heat losses = $(67115305,8006 - 61729693,0274)$ kkal

= 5385612,7732 kkal

Masuk	Kkal/hari	Keluar	Kkal / hari
$\sum H_R$	210.521,1096	$\sum H_p$	1.705.584,1831
Entalpi udara	66904784,6910	Entalpi udara	60024108,8443
		Panas yang hilang	5385612,7732
	67115305,8006		67115305,8006

8. Neraca panas di air heater



Fungsi : untuk memanaskan udara sebelum dipakai di spray dryer dengan steam

Data operasi: Suhu udara masuk : 30°C

Suhu udara keluar : 100°C

Perhitungan:

a. Data steam yang digunakan:

Steam yang digunakan untuk memanasi udara dari 30°C menjadi 100°C adalah steam dengan kondisi sebagai berikut:

Suhu : 120°C

Tekanan : 198,54 kpa

Entalpi saturated liquid = $H_f = 503,7$ kJ / kg

Entalpi saturated evaporation = $H_{fg} = 2202,2$ kJ / kg

$$\text{Entalpi vapor} = H_g = 2706,0 \text{ kJ / kg}$$

(Smith Van Ness, 1996, hal-670)

b. Entalpi udara masuk pada 30°C dengan suhu reference = 25°C

$$\text{Entalpi udara masuk} = H'G = (1,005 + 1,88.H).(T_G - 25) + 2442,5.H$$

(Geankoplis, pers 9.10-24)

$$\text{Harga } H = 0,019 \text{ (dari Geankoplis, hal 529, fig 9.3-2)}$$

$$\text{Maka } H'G = (1,005 + 1,88.0,019).(30 - 25) + (2442,5.0,019)$$

$$= 51,6111 \text{ kJ / kg.}$$

Entalpi udara keluar pada 100°C dari perhitungan spray dryer didapatkan $H'G_2 =$

$$124,4615 \text{ kJ / kg}$$

c. Steam yang diperlukan:

$$\text{Jumlah steam yang diperlukan} = \frac{G_s.(H'G_2 - H'G_1)}{H_{fg}} \text{ (Treyball, 1955, hlm 568)}$$

$$= \frac{\text{Massa udara. (entalpi udara, 100°C - entalpi udara, 30°C)}}{\text{entalpi evaporation dari steam}}$$

$$= \frac{93.713,5912.(124,4615 - 51,6111)}{2202,2}$$

$$= 3100,1147 \text{ kg / jam} = 74402,7529 \text{ kg / hari}$$

d. Kehilangan panas (Heat losses)

kehilangan panas disebabkan karena kebocoran pipa steam, karena udara sekeliling,

diasumsikan 3 % = 0,03 bagian dari panas yang diperlukan.

$$\text{Maka diperlukan steam} = \frac{3100,1147}{0,97}$$

$$= 3195,9945 \text{ kg / jam} = 76703,8690 \text{ kg / hari}$$

e. Entalpi udara masuk dari atmosfer pada 30°C

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi udara masuk} &= G_s \times H'G_1 \\
 &= 93.713,5912 \text{ kg / jam} \times 51,6111 \text{ kJ / kg} \\
 &= 4.836.661,5268 \text{ kJ / jam} \\
 &= 116079876,6428 \text{ kJ / hari} \\
 &= 27743756,3678 \text{ kkal / hari}
 \end{aligned}$$

f. Entalpi udara keluar heater, dan masuk spray dryer pada 100°C

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi udara keluar} &= G_s \times H'G_2 \\
 &= 93.713,5912 \text{ kg / jam} \times 124,4615 \text{ kJ / kg} \\
 &= 11663734,1311 \text{ kJ / jam} \\
 &= 279929619,1473 \text{ kJ / hari} \\
 &= 66904784,6910 \text{ kkal / hari}
 \end{aligned}$$

g. Entalpi steam

$$\begin{aligned}
 \text{Steam} &= 74402,7529 \text{ kg / hari} \times 2706,0 \text{ kJ / kg} \\
 &= 201333849,3474 \text{ kJ / hari} \\
 &= 48119944,8727 \text{ kkal / hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Condensate} &= 74402,7529 \text{ kg / hari} \times 503,7 \text{ kJ / kg} \\
 &= 37476666,6357 \text{ kJ / hari} \\
 &= 8957138,2973 \text{ kkal / hari}
 \end{aligned}$$

h. Heat losses (panas hilang)

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi untuk pemanasan udara} &= \text{Entalpi udara keluar} - \text{Entalpi udara masuk} \\
 &= (66904784,6910 - 27743756,3678) \text{ kkal} \\
 &= 39161028,3232 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Heat losses} &= \Delta H \text{ steam} - \Delta H \text{ condensate} - \text{entalpi untuk pemanasan udara} \\
 &= 48119944,8727 - 8957138,2973 - 39161028,3232
 \end{aligned}$$

$$= 1778,2522 \text{ kkal}$$

Masuk	Kkal/hari	Keluar	Kkal / hari
Udara	27743756,3678	Udara	66904784,6910
Steam	48119944,8727	Condensate	8957138,2973
		Heat losses	1778,2522
	75863701,2405		75863701,2405



APPENDIX C

SPESIFIKASI ALAT

APPENDIX C

SPESIFIKASI ALAT

1. Bin (F - 112)

Fungsi = menampung bahan baku buah jeruk

Tipe = silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis

Dasar pemilihan = dapat menyimpan dalam waktu lama

Kondisi penyimpanan

Suhu = 30° C

Tekanan = 1 atm

Basis perhitungan :

Residence time = 2 hari

Massa jeruk = 15000 kg/hari

Untuk 2 hari, massa jeruk = 30000 kg = 66138 lb

Densitas jeruk = 1027 kg/m³ = 64,1141 lb/ft³

$$\text{Volume jeruk} = \frac{66138 \text{ lb}}{64,1141 \text{ lb/ft}^3} = 1031,5672 \text{ ft}^3$$

Asumsi = 20% volume ruang kosong

$$\text{Volume ruang kosong} = \frac{20\%}{80\%} \times \text{volume buah jeruk}$$

$$= \frac{20\%}{80\%} \times 1031,5672 \text{ ft}^3$$

$$= 257,8918 \text{ ft}^3$$

volume total = volume buah jeruk + volume ruang kosong

$$= 1031,5672 + 257,8918$$

$$= 1289,4589 \text{ ft}^3$$

dari ulrich tabel 4-27, diambil $\frac{H}{D} = 2$; $H = 2D$

$$\text{Volume} = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$1289,4589 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot 2D$$

$$D = 9,36 \text{ ft} = 112,32 \text{ in}$$

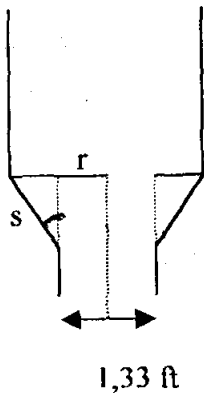
$$H = 2 \cdot D = 2 \cdot 9,36 \text{ ft} = 18,72 \text{ ft}$$

Menghitung tekanan operasi

$$F = m \cdot g$$

$$= 30000 \text{ kg} \cdot 9,80665 \text{ m/s}^2 = 294199,5 \text{ N}$$

$$A = \pi \cdot r \cdot s$$



$$\text{lebar belt} = 16 \text{ in} = 1,33 \text{ ft}$$

dimana : A = luas permukaan konis

r = jari-jari konis

$$s = \text{garis konis} = \frac{r}{\sin 45}$$

$$r = \frac{1}{2} D = 4,68 \text{ ft}$$

$$r = 4,68 - \frac{1}{2} \text{ lebar belt}$$

$$= 4,68 - 0,665 = 4,015 \text{ ft}$$

$$A = \pi . r . s = 3,14 . \left(\frac{4,015 \text{ ft}}{2 \times 3,2808 \text{ ft/m}} \right)^2 \frac{1}{\sin 45}$$

$$= 3,3252 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{294199,5 \text{ N}}{3,3252 \text{ m}^2} = 88475,731 \text{ N/m}^2 = 12,8358 \text{ psia}$$

$$P \text{ operasi} = 14,7 - 12,8358 = 1,8642 \text{ psia}$$

menghitung tebal shell

$$P \text{ desain} = 1,5 P \text{ operasi} = 1,5 . 1,8642 = 2,7963 \text{ psia}$$

$$t_s = \frac{P . ID}{2 f . E} + C$$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, type 304

$$f = \text{stress maksimum yang diijinkan} = 18750 \text{ psi}$$

tipe sambungan = double welded butt hoint, dengan

$$E = \text{welded - joint efficiency} = 0,85$$

$$C = \text{corrosion allowance} = 1/8 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{2,7963 . 112,32 \text{ in}}{2 . 18750 . 0,85} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

menghitung tebal konis

$$t_c = \frac{P . D}{2 \cos \alpha (18750 . 0,85 - 0,6 . 2,7963)} + C$$

$$= \frac{2,7963 . 112,32 \text{ in}}{2 \cos 45 (18750 . 0,85 - 0,6 . 2,7963)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,14 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

menghitung tinggi konis

$$\text{tinggi konis} = \frac{0,5 \cdot D}{\text{tg } \alpha} = \frac{0,5 \cdot 112,32 \text{ in}}{\text{tg } 45} = 56,16 \text{ in}$$

2. belt conveyor (J – 111)

fungsi : untuk mengangkat buah jeruk dari bin ke ekstraktor

tipe : Flat belt conveyor

dasar pemilihan : cocok untuk kapasitas besar dan ekonomis (ulrich)

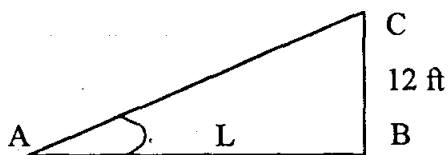
kondisi operasional

suhu = 30° C

tekanan = 1 atm

kapasitas = 15000 kg/hari = 625 kg/jam

jeruk diangkut hingga ketinggian 12 ft dengan sudut kemiringan 20°



$$\text{Tg } 20^\circ = \frac{12}{L} \text{ ft}$$

$$L = 32,976 \text{ ft}$$

$$AC = \sqrt{AB^2 + BC^2} = \sqrt{32,976^2 + 12^2} = 35,09 \approx 36 \text{ ft}$$

Perhitungan

Menentukan kecepatan belt conveyor (Perry ed.6, tabel 7-7)

Untuk kapasitas = 32 ton/jam = 32.000 kg/jam , kecepatan = 100 ft/menit

$$\text{Kecepatan belt} = \frac{625 \text{ kg / jam}}{32.000 \text{ kg / jam}} \times 100 \text{ ft / menit} = 1,9531 \text{ ft/menit}$$

Menentukan power :

Dari perry ed.6, tabel 7-7 didapat

$$\text{HP/ 10 ft - lift} = 0,34$$

$$\text{HP/ 100 ft - center} = 0,44$$

Power untuk menaikkan material setinggi 12 ft

$$\text{a. HP untuk 10 ft} = \frac{625 \text{ kg / jam}}{32.000 \text{ kg / jam}} \times 0,34 \text{ HP} = 6,64 \cdot 10^{-3} \text{ HP}$$

$$\text{HP untuk 12 ft} = \frac{12}{10} \times 6,64 \cdot 10^{-3} \text{ HP} = 7,968 \cdot 10^{-3} \text{ HP}$$

b. Power untuk memindahkan dari A ke C

$$\text{HP untuk 100 ft} = \frac{625 \text{ kg / jam}}{32.000 \text{ kg / jam}} \times 0,44 \text{ HP} = 8,57 \cdot 10^{-3} \text{ HP}$$

$$\text{HP untuk 36 ft} = \frac{36}{100} \times 8,57 \cdot 10^{-3} \text{ HP} = 3,0852 \cdot 10^{-3} \text{ HP}$$

c. Power untuk halangan/ sandungan/ tripper

Untuk kecepatan belt 100 ft/menit

$$\text{Power tripper} = 3,5 \text{ HP}$$

Untuk kecepatan belt = 1,9531 ft/menit

$$\text{Power untuk tripper} = \frac{1,9531 \text{ ft / menit}}{100 \text{ ft / menit}} \times 3,5 \text{ HP} = 0,068 \text{ HP}$$

$$\text{Total power} = a + b + c$$

$$= 7,968 \cdot 10^{-3} + 3,0852 \cdot 10^{-3} + 0,068$$

$$= 0,073 \text{ HP}$$

efisiensi = 80 %

(Peters and Timmerhaus, fig 14 -38)

Power yang dibutuhkan = $\frac{\text{power}}{\text{efisiensi}}$

$$= \frac{0,073}{0,8} = 0,091 \text{ HP} \approx 0,25 \text{ HP}$$

spesifikasi alat:

kapasitas : 15000 kg/hari = 625 kg/jam

panjang : 32,976 ft

lebar belt : 16 in

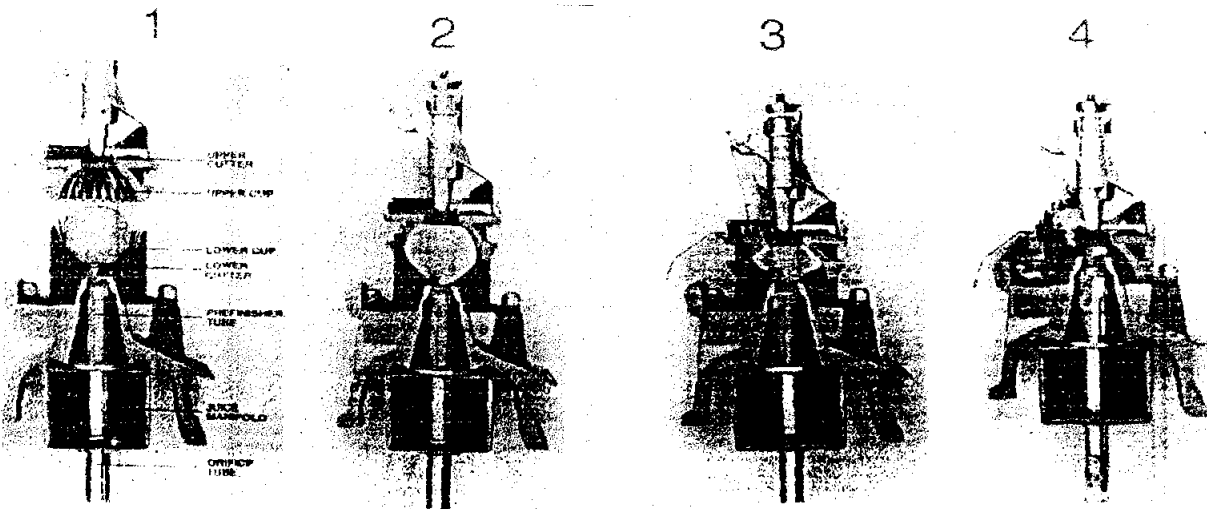
belt speed : 1,9531 ft/menit

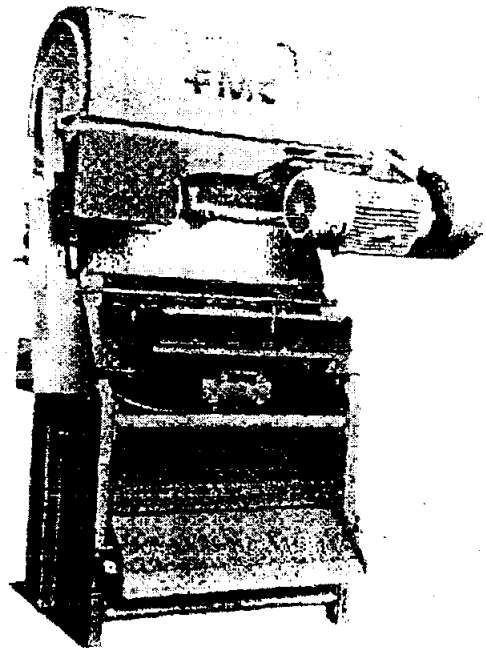
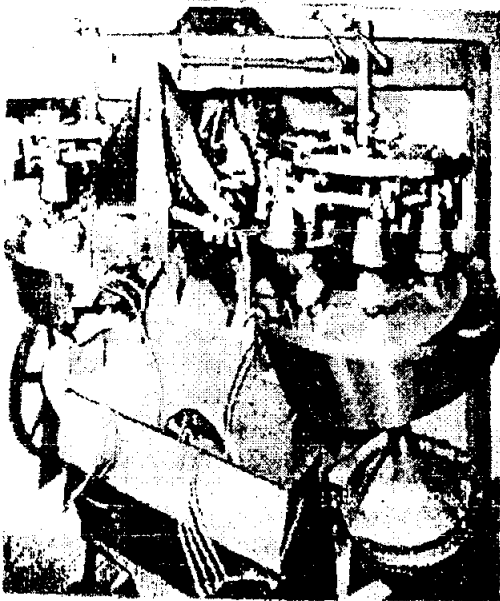
sudut elevasi : 20°

power : 0,25 HP

bahan konstruksi : reinforced rubber dan stainless steell

3. ekstraktor (H - 110)





fungsi = untuk mengambil air jeruk dan memisahkan air jeruk dari ampas

spesifikasi

tipe = FMC brown model 400 juice ekstraktor

(kimball,1999)

kondisi operasi = kontinyu

dasar pemilihan = dapat mengurangi essential oil yang terdapat pada jeruk sampai 50 % dari jeruk yang masuk sehingga mengurangi rasa pahit pada air jeruk.

Kapasitas alat = 325 – 560 buah per menit

Power = 200 HP

(perry, 7thed, P.18-128)

4. Pompa I (L - 121)

Fungsi = untuk memompa jeruk cair dari ekstraktor menuju evaporator

Tipe = centrifugal pump

Dasar pemilihan = sesuai untuk viskositas kurang dari 0,2 Pa.s

Perhitungan

Kecepatan jeruk cair = 11935,431 kg/hari = 497,3096 kg/jam

$$= 1096,3857 \text{ lbm/jam} = 0,3045 \text{ lbm/s}$$

$$\rho = 1027 \text{ kg/m}^3 = 64,1141 \text{ lbm/ft}^3$$

$$Qf = \frac{m}{\rho} = \frac{0,3045 \text{ lbm/s}}{64,1141 \text{ lbm/ft}^3}$$

$$= 4,749 \cdot 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{s} = 2,1316 \text{ gal/menit}$$

$$\mu = 1,6314 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s} = 1,096 \cdot 10^{-3} \text{ lbm/ft.s}$$

diasumsikan aliran adalah turbulen

$$\begin{aligned} Di_{\text{opt}} &= 3,9 \cdot Qf^{0,45} \cdot \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \cdot (4,749 \cdot 10^{-3})^{0,45} \cdot (64,1141)^{0,13} \\ &= 0,6028 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih steel pipe (IPS) berukuran 1 in, schedule 40

dari geankoplis App A-5-1, didapatkan data :

$$OD = 1,315 \text{ in}$$

$$ID = 1,049 \text{ in} = 0,0874 \text{ ft}$$

$$A = 0,006 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linear (v)} = \frac{Qf}{A} = \frac{4,749 \cdot 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{s}}{0,006 \text{ ft}^2} = 0,7915 \text{ ft/s}$$

$$Nre = \frac{\rho \cdot ID \cdot v}{\mu} = \frac{64,1141 \cdot 0,0874 \cdot 0,7915}{1,096 \cdot 10^{-3}} = 4046,7404 \text{ (turbulen)}$$

Dari persamaan Bernoulli

$$\frac{V_2^2}{2 \cdot gc} + \frac{g}{gc} Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot gc} + \Sigma F + Ws = \frac{V_1^2}{2 \cdot gc} + \frac{g}{gc} Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot gc}$$

Dimana ΣF merupakan total friksional losses, meliputi

- a. losses karena sudden contraction ekstraktor ke pipa

$$h_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha g_c} \quad (\text{geankoplis, pers 2.10-16})$$

karena $A_1 \gg A_2$, maka A_2/A_1 diabaikan

$\alpha = 1$ (aliran turbulen)

$$h_c = 0,55 \cdot \frac{(0,7915)^2}{2 \cdot 1 \cdot 32,174} = 5,35 \cdot 10^{-3} \text{ ft. lbf/lbm}$$

- b. losses karena friksi pada elbow dan valve

terdapat 3 elbow 90°, 1 globe valve dan 1 gate valve

dari tabel 2.10-1 geankoplis didapatkan data :

$$K_f \text{ elbow } 90^\circ = 0,75$$

$$K_f \text{ globe valve} = 6$$

$$K_f \text{ gate valve} = 0,17$$

$$K_f = (3 \cdot 0,75) + 6 + 0,17 = 8,42 \quad (\text{geankoplis, pers 2.10-3})$$

$$h_f = K_f \frac{v^2}{2\alpha g_c}$$

$$= 8,42 \cdot \frac{(0,7915)^2}{2 \cdot 1 \cdot 32,174} = 0,0819 \text{ ft.lbf / lbm}$$

- c. losses karena sudden enlargement pipa ke tangki

karena $A_1 \gg A_2$, maka A_1/A_2 diabaikan

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)^2 = (1-0)^2 = 1$$

$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v^2}{2\alpha g_c} \quad (\text{geankoplis pers 2.10-15})$$

$$= 1 \cdot \frac{(0,7915)^2}{2.1 \cdot 32,174} = 9,73 \cdot 10^{-3} \text{ ft.lbf / lbm}$$

d. losses karena friksi pada pipa lurus

digunakan pipa commercial steel, dari geankoplis fig. 2.10-3 didapat

$$\varepsilon = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 1,5088 \cdot 10^{-4} \text{ ft}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1,5088 \cdot 10^{-4}}{0,0874} = 1,7267 \cdot 10^{-3}$$

untuk $N_{re} = 4046,7404$ dan $\varepsilon/D = 1,7265 \cdot 10^{-3}$, dari fig 2.10-3 didapat $f =$

$$0,012, \Delta L = 6 \text{ m} = 19,6848 \text{ ft}$$

$$F = 4f \frac{\Delta L}{D} \frac{v_2^2}{2gc} \quad (\text{geankoplis, pers 2.10-5})$$

$$= 4 \cdot 0,012 \frac{19,6848 (0,7915)^2}{0,0874 \cdot 2 \cdot 32,174} = 0,1051 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Pada Heater :

$$\Delta P = 0,0115 \text{ Psia} = 79,2897 \text{ Pa}$$

$$hf = \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{79,2897}{1027} = 0,077 \text{ ft.lbf/lbm} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, pers 14 - 9})$$

$$\Sigma F = 5,35 \cdot 10^{-3} + 0,0819 + 9,73 \cdot 10^{-3} + 0,1051 + 0,077 = 0,279 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Power pompa :

$$\text{Persamaan Bernoulli : } \frac{V_2^2}{2 \cdot gc} + \frac{g}{gc} Z_2 + \frac{P_2}{\rho} \frac{g}{gc} + \Sigma F + W_s = \frac{V_1^2}{2 \cdot gc} + \frac{g}{gc} Z_1 + \frac{P_1}{\rho} \frac{g}{gc}$$

$$\frac{(0,7915)^2}{2 \cdot 32,174} + 19,6848 + 0 + 0,279 + W_s = 0 + 0 + 0$$

$$-W_s = 19,9735 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Power} = 19,9735 \text{ (ft.lbf/lbm)} \times 4,749 \cdot 10^{-3} \text{ (cuft/s)} \times 64,1141 \text{ (lbm/cuft)} = 6,081 \text{ ft.lbf/s}$$

efisiensi pompa (η) = 50 % (Ulrich ,tabel 4-20)

$$\text{brake HP} = \frac{\text{power}}{\eta \cdot 550} = \frac{6,081 \text{ ft.lbf / s}}{0,5 \text{ HP} \cdot 550 \text{ ft.lbf / s / HP}} = 0,02 \text{ HP} \approx 0,25 \text{ HP}$$

spesifikasi

tipe = centrifugal pump

rate pompa = $4,749 \cdot 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{s}$

power pompa = 0,25 HP

jumlah = 1 buah

5. evaporator I (V – 120)

fungsi = untuk menguapkan essential oil

tipe = falling film evaporator, single efek

dasar pemilihan = sesuai untuk pengolahan jus buah

kondisi operasi = suhu operasi = $50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F} = 323^\circ\text{K}$

suhu steam masuk = $120^\circ\text{C} = 248^\circ\text{F} = 393^\circ\text{K}$

desain evaporator dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian penguapan dan bagian

pemisahan liquid-uap yang berupa drum separator

pada bagian penguapan diperoleh:

untuk tipe ini, koefisien heat transfer (U) = $570 - 1140 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ (geankoplis, hal 276)

dipilih $U = 1000 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$

massa steam (s) = 2056,938 kg/hari

$T_s = 120^\circ\text{C}$ didapat $\lambda = (2706,3 - 503,71) \text{ kJ/kg}$ (geankoplis, App. A.2-9)

$$= 2202,59 \text{ kJ/kg}$$

$Q \text{ steam} = s \cdot \lambda = 2056,938 \text{ kg/hari} \times 2202,59 \text{ kJ/kg} = 4530591,1 \text{ kJ/hari} = 1258497,5 \text{ W}$

$$\Delta T = T_s - T_1 = 393 - 323 = 70^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{steam}} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$1258497,5 \text{ W} = 1000 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K} \cdot A \cdot 70^\circ\text{K}$$

$$A = 17,9785 \text{ m}^2$$

digunakan 1 in outside diameter, 12 ft BWG

$$N = \frac{A}{\pi \cdot D \cdot L} = \frac{17,9785 \text{ m}^2}{\pi \cdot \frac{1}{39,37} \text{ m} \cdot \frac{12}{3,2808} \text{ m}} = 61,63 \approx 81$$

Dipilih $1 \frac{1}{4}$ in pitch dari tabel 9, kern diperoleh ID = 15,25 in = 0,387 m

pada bagian pemisahan liquid-uap diperoleh

waktu tinggal = 5 menit

steam, $wv = 2056,938 \text{ kg/hari} = 188,9467 \text{ lb/jam}$

untuk 5 menit, $wv = \frac{5}{60} \times 188,9467 \text{ lb} = 15,745 \text{ lb}$

liquid, $wl = 11953,431 \text{ kg/hari} = 1098,0222 \text{ lb/jam}$

untuk 5 menit, $wl = \frac{5}{60} \times 1098,0222 \text{ lb} = 91,5018 \text{ lb}$

P operasi = 1,79 psia = 12,349 kpa

$\rho_l = 1027 \text{ kg/m}^3 = 64,1141 \text{ lb/ft}^3$

$\rho_v = 0,41 \text{ lb/ft}^3$

$$\frac{wl}{wv} \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_l}} = \frac{91,5018}{15,745} \sqrt{\frac{0,41}{64,1141}} = 0,46$$

dari tabel 4-10, ludwig diperoleh $k_v = 0,4$

$$v_a = k_v \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_v}{\rho_v}}$$

(ludwig, pers 4-9)

$$= 0,4 \sqrt{\frac{64,1141 - 0,41}{0,41}} = 4,9859$$

$$Q = \frac{wv}{\rho v} = \frac{15,745}{0,41} = 38,4024$$

$$A = \frac{Q}{va} = \frac{38,4024}{4,9859} = 7,7022 \text{ ft}^3$$

$$D = \sqrt{\frac{4.A}{3,14}} = 3,13 \text{ ft} = 37,56 \text{ in} = 0,95 \text{ m}$$

menghitung tebal shell

$$P \text{ desain} = 1,5 P \text{ operasi} = 1,5 \cdot 1,79 = 2,685 \text{ psia}$$

$$t_s = \frac{P.ID}{2f.E} + C$$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, type 304

f = stress maksimum yang diijinkan = 18750 psi

tipe sambungan = double welded butt hoint, dengan

E = welded - joint efficiency = 0,85

C = corrosion allowance = 1/8 in

$$t_s = \frac{2,685.37,56 \text{ in}}{2.18750.0,85} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

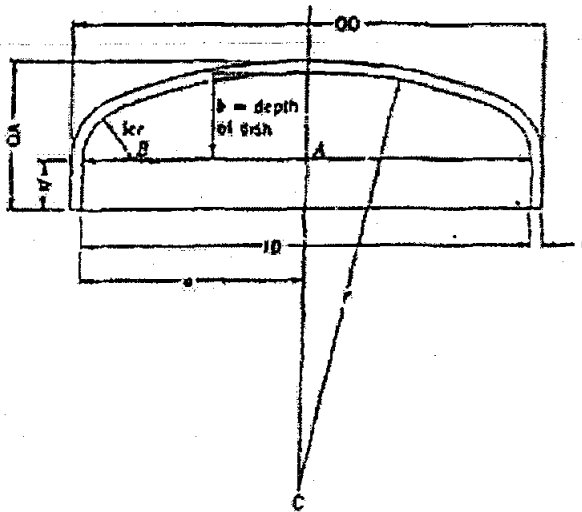
menghitung tebal kónis

$$t_c = \frac{P.D}{2\cos\alpha(18750.0,85 - 0,6.2,685)} + C$$

$$= \frac{2,685.37,56 \text{ in}}{2\cos 45(18750.0,85 - 0,6.2,685)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,14 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

tebal dished head



$$t_d = \frac{0,885.P.rc}{fE - 0,1.P} + C \quad (\text{Brownell and young pers 13.12})$$

dimana: $r = r_c = 3,13 \text{ ft} = 37,56 \text{ in}$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, type 304

f = stress maksimum yang diijinkan = 18750 psi

tipe sambungan = double welded butt hoint, dengan

E = welded - joint efficiency = 0,85

C = corrosion allowance = 1/8 in

$$t_d = \frac{0,885.2,685.37,56}{18750.0,85 - 0,1.2,685} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

dari tabel 5.6 brownell and young didapat

$$\text{untuk } td = 3/16 \text{ in, } sf = 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2}, \text{ } icr = \frac{9}{16}$$

diambil $sf = 2 \text{ in}$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{37,56 \text{ in}}{2} = 18,78 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = (18,78 - \frac{9}{16}) \text{ in} = 18,2175 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 37,56 - \frac{9}{16} = 36,9975 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 37,56 - \sqrt{36,9975^2 - 18,2175^2} = 5,35 \text{ in}$$

$$OA = t + b + sf$$

$$= (\frac{3}{16} + 5,35 + 2) = 7,5375 \text{ in} = 0,6281 \text{ ft}$$

6. Barometric condensor (L-130)

Fungsi : Mengkondensasikan uap dari evaporator

Tipe : counter flow Barometric Condensor

Dasar pemilihan : konstruksi lebih murah dan luas permukaan kontak lebih besar

Perhitungan :

Rate uap pada 122 °F (v) = 1151,712 kg/hari = 105,7943 lb/jam

λ uap pada 122 °F (λ) = 1114,6 - 89 = 1025,6 btu/lbm (geankoplis, App. A-29)

kebutuhan air pendingin

$$W \text{ (gpm)} = \frac{Q}{500(T_s - t_w - t_a)} \quad (\text{kern, pers 14.4, p.396})$$

Dimana :

T_s = suhu uap jenuh = 122 °F

t_w = suhu air pendingin = 86 °F

t_a = derajat pendekatan terhadap T_s

untuk counter flow barometric condensor, $t_a = 5^\circ\text{F}$ (kern, P.397)

$$Q = v \cdot \lambda = 105,7943 \times 1025,6 = 108502,63 \text{ btu/lbm}$$

$$W = \frac{108502,63}{500(122 - 86 - 5)} = 7 \text{ gpm}$$

Panjang tailing pipa

$$\text{Persamaan bernoulli} = P_2 + \rho \cdot g \cdot h = P_1$$

$$P_2 = P_{\text{uap}} = 0,11 \text{ atm} = 1,616 \text{ psia} = 11145,75 \text{ Pa}$$

$$P_1 = 101,325 \text{ kpa} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\rho_{\text{air}} = 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = \frac{101325 - 11145,75}{995,68 \cdot 9,80665} = 9,23 \text{ m}$$

Spesifikasi

Tipe = counter flow barometric condensor

$$\text{Rate uap} = 1151,712 \text{ kg/hari} = 105,7943 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = 7 \text{ gpm}$$

$$\text{Panjang tailing pipa} = 9,23 \text{ m}$$

Bahan : Stainless steel

Jumlah : 1 buah

7. steam jet ejector (E -131)

Fungsi : Memvacumkan ruang dalam barometric condensor

Tipe : single stage steam ejector

Dasar pemilihan : yang dianjurkan untuk membuat vakum barometric condensor

Perhitungan :

Total uap yang ditangani, $w_m = 1151,712 \text{ kg/hari} = 105,7943 \text{ lb/jam}$

Tekanan yang harus divakumkan = $0,11 \text{ atm} = 1,616 \text{ psia} = 3,29 \text{ in Hg}$

$w's = 4,9 \text{ lb steam/lb uap yang ditangani}$ (Ludwig vol 1, p 232, fig 6-28 B)

$w_a/w_m = 0$

K, non condensable load factor = $0,3$ (Ludwig vol 1, p 232, fig 6-28 C)

F = faktor tekanan steam = $0,8$ (Ludwig vol 1, p 232, fig 6-28 D)

Maka kebutuhan steam yang digunakan (lb/jam), $w_s = w's \times w_m \times F \times K$

$w_s = 4,9 \times 105,7943 \times 0,8 \times 0,3 = 124,4141 \text{ lb/jam}$

spesifikasi

tipe : single stage steam ejector

kapasitas : $1151,712 \text{ kg/hari} : 105,7943 \text{ lb/jam}$

kebutuhan steam : $124,4141 \text{ lb/jam}$

Bahan : Stainless steel

Jumlah : 1 buah

8. akumulator (F – 132)

fungsi = mengumpulkan kondensat dari steam jet ejector

tipe = silinder vertical dengan torispherical dished head and bottom

dasar pemilihan : sesuai untuk cairan pada tekanan atmosfer

kapasitas = $1151,712 \text{ kg/hari} = 2539,0643 \text{ lb/hari} = 105,7943 \text{ lb/jam}$

suhu = 30°C

ρ air jeruk = 1027 kg/m^3

ρ essential oil = $856,1052 \text{ kg/m}^3$

$$\frac{1}{\rho_{\text{campuran}}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i} = \frac{1107 \text{ kg} / 1151,712 \text{ kg}}{1027 \text{ kg/m}^3} + \frac{44,712 \text{ kg} / 1151,712 \text{ kg}}{856,1052 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 9,35 \cdot 10^{-4} + 4,53 \cdot 10^{-5} = 9,803 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho \text{ campuran} = 1020 \text{ kg/m}^3 = 63,6762 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{waktu tinggal} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{volume liquida} = \frac{105,7943 \text{ lb/jam}}{63,6762 \text{ lb/ft}^3} \times 1 \text{ jam} = 1,6614 \text{ ft}^3$$

$$\text{volume ruang kosong} = \frac{20\%}{80\%} \cdot \text{volume liquida}$$

$$= \frac{20\%}{80\%} \times 1,6614 = 0,4153 \text{ ft}^3$$

$$\text{total tangki} = \text{volume liquida} + \text{volume ruang kosong}$$

$$= 1,6614 + 0,4153$$

$$= 2,0767 \text{ ft}^3$$

$$\text{dari ulrich tabel 4.27, untuk tangki diambil } \frac{L}{D} = 2$$

$$\text{volume total tangki} = \text{volume shell} + (2 \times \text{volume standard dished head})$$

$$2,0767 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \left(D \cdot \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right)^2 \left(L \cdot \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right) + (2 \cdot 0,000049 \cdot D^3)$$

$$2,0767 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \left(D \cdot \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right)^2 \left(2 \cdot D \cdot \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right) + (2 \cdot 0,000049 \cdot D^3)$$

$$2,0767 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{2} \left(D \cdot \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right)^3 + (2 \cdot 0,000049 \cdot D^3)$$

$$2,0767 \text{ ft}^3 = 1,0066 \cdot 10^{-3} \cdot D^3$$

$$D = 12,73 \text{ in} = 1,06 \text{ ft}$$

$$L = 2 \times D = 2 \times 1,06 \text{ ft} = 2,12 \text{ ft} = 25,4402 \text{ in}$$

$$\text{Volume larutan dished} = 0,000049 D^3$$

$$= 0,000049 (12,73)^3 = 0,101 \text{ ft}^3$$

volume larutan dalam shell = volume larutan total – volume larutan dalam dished

$$= (2,0767 - 0,101) \text{ ft}^3$$

$$= 1,9757 \text{ ft}^3$$

$$\text{tinggi larutan dalam shell (H)} = \frac{\text{volume larutan dalam shell}}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

$$= \frac{1,9757}{\frac{\pi}{4} (1,06)^2} = 2,24 \text{ ft}$$

$$P \text{ operasi} = P \text{ hidrostatik} = \left(\frac{\rho \cdot H}{144} \right) \text{ psi}$$

$$= \left(\frac{63,6762 \cdot 2,24}{144} \right) \text{ psi} = 0,9905 \text{ psi}$$

$$P \text{ desain} = 1,5 \cdot P \text{ operasi} = 1,5 \cdot 0,9905 = 1,4857 \text{ psi}$$

Tebal shell

$$t_s = \frac{P \cdot ID}{2 f E} + C$$

dimana: $P = P \text{ desain} = 1,4857 \text{ psi}$

$$ID = 1,06 \text{ ft} = 12,73 \text{ in}$$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, tipe 304 dengan

f = stress maksimum yang diijinkan = 18750 psi

tipe sambungan = double welded butt joint, dengan

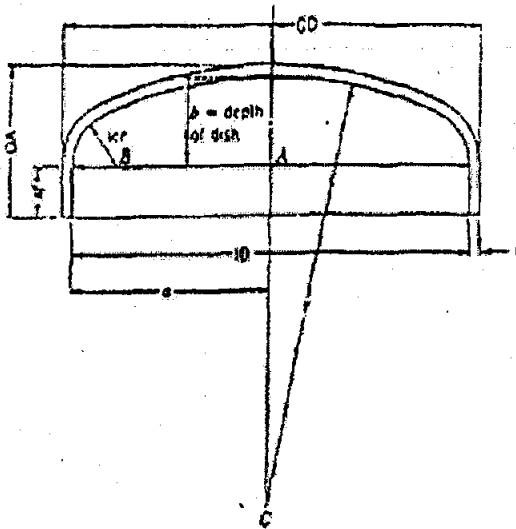
E = welded – joint efficiency = 0,85 (Brownell and young, tabel 13.2)

C = corrosion allowance = 1/8 in

$$t_s = \frac{1,4857 \cdot 12,73}{2 \cdot 18750 \cdot 0,85} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

tebal dished head



$$OD = ID + 2 \cdot ts$$

$$= 12,73 \text{ in} + (2 \times \frac{3}{16} \text{ in}) = 13,105 \text{ in}$$

dari tabel 5.7 Brownell and young diperoleh

$$OD \text{ standar} = 14 \text{ in}$$

$$r \text{ (crown radius/ radius of dish)} = 14 \text{ in}$$

$$icr \text{ (inside corner radius / knuckle radius)} = \frac{7}{8} \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \quad (\text{Brownell and young pers 7.76, p138})$$

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{14}{\frac{7}{8}}} \right) = 1,75$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{12,73}{2} = 6,365 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = (6,365 - \frac{7}{8}) \text{ in} = 5,49 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 14 - \frac{7}{8} = 13,125 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 14 - \sqrt{13,125^2 - 5,49^2} = 11,92 \text{ in}$$

$$td = \frac{P \cdot rc \cdot W}{2 f E - 0,2 \cdot P} + C \quad (\text{Brownell and young pers 7.77, p.138})$$

dimana: $P = P \text{ desain} = 1,4857 \text{ psi}$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, tipe 304 dengan

f = stress maksimum yang diijinkan = 18750 psi

tipe sambungan = double welded butt joint, dengan

E = welded - joint efficiency = 0,85 (Brownell and young tabel 13.2)

C = corrosion allowance = 1/8 in

$$td = \frac{1,4857 \text{ psi} \cdot 14 \text{ in} \cdot 1,75}{2 \cdot 18750 \text{ psi} \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 1,4857 \text{ psi}} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,12 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

dipilih panjang straight-flange (sf) = 2 in (Brownell and young tabel 5.8, p.93)

$$OA = t + b + sf$$

$$= (\frac{3}{16} + 11,92 + 2) = 14,1075 \text{ in} = 1,1756 \text{ ft}$$

9. pompa II (L-122)

fungsi = untuk memompa jeruk cair yang keluar dari evaporator menuju tangki

penampung

spesifikasi

kapasitas = 10783,719 kg/hari

tipe = centrifugal

kondisi operasi = kontinyu

dasar pemilihan = sesuai untuk viskositas kurang dari 0,2 Pa.s

power = 0,25 HP

10. tangki penampung I (F-123)

Fungsi : Menampung air jeruk sebelum dibawa ke PHE

Tipe : Vertical cylindrical tank dengan conical closure

Kondisi : $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

Waktu penyimpanan : 3 jam

Kapasitas = 10783,719 kg/hari

= 990,5744 lb/jam

untuk 3 jam, kapasitas = $3 \times 990,5744 = 2971,7232 \text{ lb}$

Densitas produk = 64,1141 lb/cuft

Kapasitas volumetrik = $2971,7232 / 64,1141 = 46,3505 \text{ cuft}$

Asumsi: Tangki berisi 80% cairan, maka:

Volume tangki = $(100/80) \times 46,3505$

= 57,9381 cuft

Persamaan tangki silinder dengan Flat head dan conical closure :

Asumsi: $H_w/D_{in} = 1$; sudut kemiringan konis = $\alpha = 30^{\circ}$

$$V = \pi/4 \cdot D_{in}^2 \cdot H_s + (0,131 \cdot D_{in}^3)/\tan \alpha$$

$$57,9381 = [\pi/4 + (0,131/\tan \alpha)] \cdot (D_{in}^3)$$

$$D_{in} = 3,85 \text{ ft}$$

$$H_s = D_{in} = 3,85 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam shell} = H_{cs} &= [V - (0,131 \cdot D_{in}^3)/\tan \alpha] / (\pi/4) \cdot D_{in}^2 \\ &= [46,3505 - (0,131 \cdot 3,85^3)/\tan 30] / (\pi/4) \cdot 3,85^2 = 2,87 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam closure} = H_{cc} &= [(0,131 \cdot D_{in}^3)/\tan \alpha] \times 12 / (\pi D_{in}^2) \\ &= 1,572 \cdot D_{in} / \pi \cdot \tan \alpha = 1,572 \times 3,85 / \pi \cdot \tan 30 \\ &= 3,34 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = H_{ct} = H_{cs} + H_{cc} = 2,87 + 3,34 = 6,21 \text{ ft}$$

Tebal shell :

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, tipe 304 dengan

$$f = \text{stress maksimum yang diijinkan} = 18750 \text{ psi}$$

tipe sambungan = double welded butt joint, dengan

$$E = \text{welded - joint efficiency} = 0,85 \text{ (Brownell and young tabel 13.2)}$$

$$C = \text{corrosion allowance} = 1/8 \text{ in}$$

$$P = \frac{\rho H}{144} = \frac{64,1141 \cdot 2,87}{144} = 1,27 \text{ psi}$$

$$P_{op} = 14,7 + 1,27 = 15,97 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,2 \cdot P_{\text{operasi}} = 19,164 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P D_{in}}{2 \cdot f \cdot E} + C \\ &= \frac{19,164 (3,85 \times 12)}{2 \times 18750 \times 0,85} + 0,125 \end{aligned}$$

$$= 0,15 \text{ in} \rightarrow \text{diambil } \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal head :

Tipe head: Flat head

Bahan : stainless steel

Untuk head bagian atas:

$$t_h = D_i \sqrt{C \cdot P / f} + c \rightarrow C = 0,162 \text{ untuk rigid vessel}$$

$$= 3,85 \times 12 \sqrt{0,162 \cdot 19,164 / 18750} + 0,125$$

$$= 0,679 \text{ in} \approx \frac{3}{4} \text{ in}$$

dari tabel 5.6 Brownell and young didapat

$$\text{untuk } t = \frac{3}{4} \text{ in ; sf} = 1 \frac{1}{2} \div 3 \frac{1}{2}$$

Tinggi head :

Untuk tebal head $\frac{3}{4}$ in, direncanakan Sf = 2.5 in

$$H_h = t_h + Sf$$

$$= \frac{3}{4} + 2.5$$

$$= 3,25 \text{ in} = 0,2708 \text{ ft}$$

Tebal closure :

Tipe head : Conical closure

Bahan : stainless steel

$$P = \frac{\rho \cdot H_{CT}}{144} = \frac{64,1141,6,21}{144} = 2,764 \text{ psi}$$

$$P_{op} = 14,7 + 2,764 = 17,464 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,2 \cdot P_{\text{operasi}} = 20,9568 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned}
 t_c &= \frac{P D_{in}}{2 \cdot f \cdot E - P} + c \\
 &= \frac{20,9568(3,85 \times 12)}{2 \times 18750 \times 0,85 - 20,9568} + 0,125 \\
 &= 0,15 \text{ in } \square \text{ diambil tebal plate standart } \frac{3}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tinggi closure :

Untuk tebal head $\frac{3}{4}$ in, direncanakan $S_f = 2,5$ in

$$\begin{aligned}
 H_c &= H_{cc} + t_c + S_f \\
 &= (3,34 \times 12) + \frac{3}{16} + 2,5 \\
 &= 42,7675 \text{ in} = 3,56 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Tinggi tangki :

$$\begin{aligned}
 H &= H_h + H_s + H_c \\
 &= 0,2708 + 3,85 + 3,56 = 7,676 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

11. pompa III (L-141)

fungsi = untuk memompa jeruk cair yang keluar dari tangki penampung menuju PHE
spesifikasi

kapasitas = 10783,719 kg/hari = 990,5744 lb/jam

tipe = centrifugal

kondisi operasi = kontinyu

dasar pemilihan = sesuai untuk viskositas kurang dari 0,2 Pa.s

power = 0,25 HP

12. Heater (E -140)

Fungsi = untuk pasteurisasi jeruk segar sebelum dialirkan ke mixer

Tipe = PHE

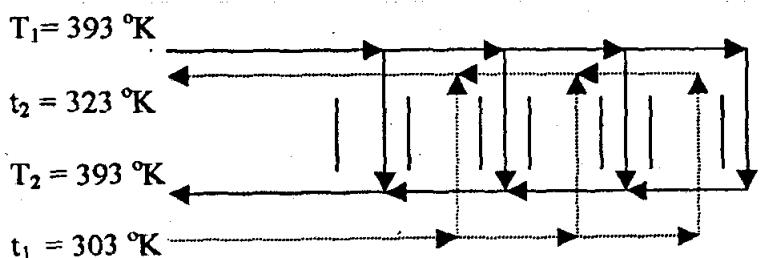
Dasar pemilihan = memiliki efisiensi thermal tinggi dan mudah dibersihkan

Sistem operasi = kontinyu

Kondisi operasi

Jenis fluida	Saturated steam	Jeruk segar
Flow rate, kg/s	0,033	0,1814
Suhu masuk, °K	393	303
Suhu keluar, °K	393	323
ρ , kg/m ³	0,5670 (geankoplis)	1027
Cp, J/kg.°K	1898,6 (geankoplis)	3770 (geankoplis)
λ , J/kg	2202590 (geankoplis)	
k, W/m.°K	0,02694 (geankoplis)	0,431 (geankoplis)
μ , kg/m.s	$1,3738 \cdot 10^{-5}$ (geankoplis)	$1,6314 \cdot 10^{-3}$
ΔP , psia	2 (Kern)	10 (Kern)
Rd min	0 (Kern)	0,003 (kern)

Gambar secara sket :



perhitungan :

1. neraca panas =

$$Q_h = m \cdot \lambda = 0,033 \times 2202590 = 72685,47 \text{ W}$$

$$Q_c = m \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) = 0,1814 \times 3770 \times (323 - 303) = 13677,56 \text{ W}$$

$$2. \Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right)} = \frac{(393 - 323) - (393 - 303)}{\ln \left(\frac{393 - 323}{393 - 303} \right)} = 80 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$3. R_d \text{ total} = 0 + 0,003 = 0,003$$

$$R_d \text{ total} = \frac{1}{U_D} - \frac{1}{U_C}$$

Trial $U_c = 7400 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ (dari perry, 1997, untuk sistem perpindahan panas

uap Air-air , $U_c = 5700 - 7400 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$)

$$U_d = \frac{1}{R_{dtotal} + \frac{1}{U_c}} = \frac{1}{0,003 + \frac{1}{7400}} = 318,9655 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$4. A = \frac{Q_h}{U_d \Delta T_{LMTD}} = \frac{72685,47}{318,9655 \cdot 80} = 2,8484 \text{ m}^2$$

13. Berdasarkan coulson and Richardson (1977) dipilih plat jenis HM

$$\text{Projected area} = A_p = 0,27 \text{ m}^2$$

$$\text{Developed area} = A_d = 0,35 \text{ m}^2$$

Direncanakan bahan stainless steel

$$k = 8000 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$\text{tebal bahan plat } (\delta) = 0,0005 \text{ m}$$

$$\text{HPCD} = 0,26$$

$$\text{VPCD} = 1,04$$

$$\text{Port nozzle (D)} = 0,075 \text{ m}$$

Compressed pitch = 0,0032 m/plate

$$\phi = \frac{A_d}{A_p} = \frac{0,35}{0,27} = 1,296$$

Jumlah plat untuk perpindahan panas :

$$n = \frac{A}{A_d} = \frac{2,8484}{0,35} = 8,138 \approx 9 \text{ buah}$$

$$U_d = \frac{72685,47}{9 \times 0,35 \times 80} = 288,4344 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$n = n_{ch} + n_{cc} - 1$ dengan n_{ch} = jumlah channel untuk fluida panas

n_{cc} = jumlah channel untuk fluida dingin

$$n + 1 = n_{ch} + n_{cc} = 9 + 1 = 10 \text{ buah.}$$

6. Spesifikasi dari plat

$$W = \text{HPCD} + D + 0,015 = 0,260 + 0,075 + 0,015 = 0,35 \text{ m}$$

$$A_p = 0,27 \text{ m}^2 = L \cdot W$$

$$L = 0,27/0,35 = 0,771 \text{ m}$$

$$\text{pitch/plate} = 0,0032, b = \text{PT} - \delta = 0,0032 - 0,0005 = 0,0027 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang aliran fluida dalam channel} = S_c = W \times b$$

$$= 0,35 \times 0,0027 = 0,000945 \text{ m}^2$$

$$De = \frac{2 \cdot b}{\phi} = \frac{2 \times 0,0027}{1,296} = 0,004167 \text{ m}$$

Fluida Panas	Fluida dingin
$7.G = \frac{M}{Nc \times S_c} = \frac{0,033}{5 \times 0,000945}$	$7'.G = \frac{m}{Nc \times S_c} = \frac{0,1814}{5 \times 0,000945}$
$= 6,9841 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$	$= 38,3915 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

$Re = \frac{DexG}{\mu} = \frac{0,004167 \times 6,9841}{1,3738 \cdot 10^{-3}}$ $= 2118,412$	$Re = \frac{DexG}{\mu} = \frac{0,004167 \times 38,3915}{1,6314 \cdot 10^{-3}}$ $= 98,0614$
$8.Pr = \frac{Cpx\mu}{k} = \frac{1896,6 \times 1,3738 \cdot 10^{-3}}{0,02694}$ $= 0,9672$	$8'.Pr = \frac{Cpx\mu}{k} = \frac{3770 \times 1,6314 \cdot 10^{-3}}{0,431}$ $= 14,27$
<p>9. untuk sistem terkondensasi</p> $h_h = 1500 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \text{ (kern, p.164)}$ $= 8517,45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$	$9'.h_h = 0,2(Re)^{0,67}(Pr)^{0,4}(\mu/\mu_w)^{0,1} \cdot (k/De)$ $= 0,2(98,0614)^{0,67}(14,27)^{0,4} \cdot 1 \cdot \frac{0,431}{0,004167}$ $= 1293,4664 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$

$$10. U_c = \left(\frac{1}{h_h} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{h_c} \right)^{-1}$$

$$= (1/8517,45 + 0,0005/8000 + 1/1293,4664)^{-1} = 1122,8652 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$11. R_d = 1/U_d - 1/U_c = 1/288,4344 - 1/1122,8652 = 0,0025 < 0,003 \text{ (tidak)}$$

memenuhi syarat perpindahan panas)

Kesimpulannya PHE harus dirancang ulang agar R_d lebih besar $\rightarrow U_d$ diperkecil \rightarrow

Dengan memperbesar luas aliran per channel dengan cara menambah jumlah plat.

Dicoba $n = 16$, sehingga proses dimulai dari tahap 7.

Fluda Panas	Fluida dingin
$7.G = \frac{M}{NcxSc} = \frac{0,033}{8 \times 0,000945}$ $= 4,365 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ $Re = \frac{DexG}{\mu} = \frac{0,004167 \times 4,365}{1,3738 \cdot 10^{-3}}$ $= 1323,9886$	$7'.G = \frac{m}{NcxSc} = \frac{0,1814}{8 \times 0,000945}$ $= 23,9947 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ $Re = \frac{DexG}{\mu} = \frac{0,004167 \times 23,9947}{1,6314 \cdot 10^{-3}}$ $= 61,2884$

$8. Pr = \frac{Cp \mu}{k} = \frac{1896,6 \times 1,3738 \cdot 10^{-5}}{0,02694}$ $= 0,9672$	$8'. Pr = \frac{Cp \mu}{k} = \frac{3770 \times 1,6314 \cdot 10^{-3}}{0,431}$ $= 14,27$
<p>9. untuk sistem terkondensasi</p> $h_h = 1500 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \text{ (kern, p.164)}$ $= 8517,45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$	$9'. h_h = 0,2(Re)^{0,67}(Pr)^{0,4}(\mu/\mu_w)^{0,1} \cdot (k/De)$ $= 0,2(61,2884)^{0,67}(14,27)^{0,4} \cdot \frac{0,431}{0,004167}$ $= 944,0492 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$

$$10. U_c = \left(\frac{1}{h_h} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{h_c} \right)^{-1}$$

$$= (1/8517,45 + 0,0005/8000 + 1/944,0492)^{-1} = 849,8131 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$11. U_d = \left(\frac{Q}{A \Delta T} \right) = \left(\frac{72685,47}{16,035 \cdot 80} \right) = 162,2443 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$12. R_d = 1/U_d - 1/U_c = 1/162,2443 - 1/849,8131 = 0,0049 > 0,003 \text{ (memenuhi)}$$

Syarat perpindahan panas)

Evaluasi ΔP	
Fluida Panas	Fluida dingin
1. $Re = 1323,9886$	1' $Re = 61,2884$
2. $f = \frac{1,17}{N_{Re}^{0,27}} = \frac{1,17}{1323,9886^{0,27}} = 0,1679$	2' $f = \frac{1,17}{N_{Re}^{0,27}} = \frac{1,17}{61,2884^{0,27}} = 0,3851$
$3. \Delta P = \frac{2xfxG^2xL}{\rho x De}$ $= \frac{2,0,1679(4,365)^2 \cdot 0,771}{0,567 \cdot 0,004167}$ $= 0,303 \text{ psia}$	$3' \Delta P = \frac{2xfxG^2xL}{\rho x De}$ $= \frac{2,0,3851(23,9947)^2 \cdot 0,771}{1027 \cdot 0,004167}$ $= 0,115 \text{ psia}$

4. $G' = \frac{M}{\frac{\pi}{4}(Dp)^2} = \frac{0,033}{\frac{\pi}{4}(0,075)^2} = 7,4735$	4'. $G' = \frac{M}{\frac{\pi}{4}(Dp)^2} = \frac{0,1814}{\frac{\pi}{4}(0,075)^2} = 41,0816$
5. $Re = \frac{DpxG'}{\mu} = \frac{0,075 \cdot 7,4735}{1,3738 \cdot 10^{-3}} = 40800,153$	5'. $Re = \frac{DpxG'}{\mu} = \frac{0,075 \cdot 41,0816}{1,6314 \cdot 10^{-3}} = 1888,6355$
6. $f = \frac{1,17}{N_{Re}^{0,27}} = \frac{1,17}{40800,153^{0,27}} = 0,0665$	6'. $f = \frac{1,17}{N_{Re}^{0,27}} = \frac{1,17}{1888,6355^{0,27}} = 0,1526$
7. $\Delta P = \frac{2xfxG'^2 xL}{\rho xDe} = \frac{2 \cdot 0,0665 \cdot (7,4735)^2 \cdot 16 \cdot 0,0032}{0,567 \cdot 0,075} = 0,0013 \text{ psia}$	7'. $\Delta P = \frac{2xfxG'^2 xL}{\rho xDe} = \frac{2 \cdot 0,1526 \cdot (41,0816)^2 \cdot 16 \cdot 0,0032}{1027 \cdot 0,075} = 4,96 \cdot 10^{-5} \text{ psia}$
8. $\Delta P_T = \Delta P_h + \Delta P_p = 0,303 + 0,0013 = 0,3043 \text{ psia}$	8'. $\Delta P_T = \Delta P_h + \Delta P_p = 0,0115 + 4,96 \cdot 10^{-5} = 0,0115 \text{ psia}$

Ringkasan perhitungan

	Fluida panas (saturated steam)	Fluida dingin (jeruk segar)
$h, \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$	8517,45	944,0492
$\Delta P \text{ calculated, psia}$	0,3043	0,0115
$\Delta P \text{ allowable, psia}$	2	10

Uc, W/m ² .°K	849,8131
Ud, W/m ² .°K	162,2443
Rd calculated, W/m ² .°K	0,0049
Rd required, W/m ² .°K	0,003

14. Tangki penampung II (F-153)

Fungsi = untuk menampung bahan-bahan tambahan sebelum dialirkan ke screw conveyor

Kondisi operasi = kontinyu

Dasar pemilihan = sesuai untuk menampung cairan

Tipe = vertical silinder dengan conical closure

Waktu penyimpanan = 3 jam

Kapasitas = 10783,719 kg/hari = 990,5744 lb/jam

Bejana = diameter = 3,84 ft

Tinggi = 7,656 ft

tebal = 3/16 in

bahan = stainless steel SA-167 Grade 3 tipe 304

tutup = diameter = 3,84 ft

tinggi = 0,266 ft

tebal = $\frac{3}{4}$ in

bahan = stainless steel

15. screw conveyer (J-152)

fungsi = untuk mengangkut bahan-bahan tambahan dari tangki penampung ke bucket elevator

dasar pemilihan = sesuai untuk mengangkut padatan

tipe = plain spouts

kapasitas = 10783,719 kg/hari = 0,449 ton/jam

elevasi = horisontal

perhitungan

dari pery ed 6, tabel 7-6, hal 7-7 didapat

untuk 5 ton/jam = diameter flight = 9 in

diameter shaft = 2 in

diameter pipa = 2,5 in

putaran = 40 rpm

power = 0,43 HP

$$\text{putaran} = \frac{0,449 \text{ ton/jam}}{5 \text{ ton/jam}} \cdot 40 \text{ rpm} = 3,592 \text{ rpm}$$

feed section diameter = 6 in

panjang = 15 ft

$$\text{HP} = \frac{0,449 \text{ ton/jam}}{5 \text{ ton/jam}} \cdot 0,43 \text{ HP} = 0,038 \text{ HP}$$

Efisiensi motor = 80% (Peter and Timmerhaus, fig.14-38)

$$\text{Power yang dibutuhkan} = \frac{0,038}{0,8} = 0,0475 \text{ HP} \approx 0,25 \text{ HP}$$

Spesifikasi

Tipe = plain spouts

Kapasitas = 10783,719 kg/hari = 0,449 ton/jam

Putaran = 3,592 rpm

Panjang = 15 ft

Power = 0,25 HP

Bahan konstruksi = stainless steel

Jumlah = 1 buah

16. Bucket elevator (J – 151)

Fungsi = mengangkut bahan-bahan tambahan untuk dimasukkan ke dalam mixer

Tipe = space bucket positive – discharge elevator

Dasar pemilihan = dapat mengangkut bahan secara vertical

Kapasitas = 10783,719 kg/hari = 0,449 ton/jam

Perhitungan

Untuk kapasitas = 14 ton/jam (perry ed 6, tabel 7-8)

Kecepatan bucket elevator = 225 ft/menit

Putaran head shaft = 43 rpm

Maka:

$$\text{Kecepatan bucket elevator} = \frac{0,449 \text{ ton/jam}}{14 \text{ ton/jam}} \cdot 225 \text{ ft/menit}$$

$$= 7,216 \text{ ft/menit}$$

$$\text{putaran head shaft} = \frac{0,449 \text{ ton/jam}}{14 \text{ ton/jam}} \cdot 43 \text{ rpm}$$

$$= 1,379 \text{ rpm}$$

ditetapkan tinggi elevator = 17 ft

$$\text{power yang dibutuhkan} = \frac{\text{TPH} \cdot 2.1}{1000} \quad (\text{perry ed 3, hal 1349})$$

dimana = TPH = kapasitas bucket (ton/jam) = 0,449 ton/jam

1 = tinggi elevasi bucket (ft) = 17 ft

$$\text{power} = \frac{0,449 \cdot 2 \cdot 17}{1000} = 0,015 \text{ HP}$$

efisiensi motor = 80% (peters and timmerhaus fig 14-38)

$$\text{power yang dibutuhkan} = \frac{\text{power}}{\text{efisiensi motor}} = \frac{0,015}{0,8} = 0,0187 \text{ HP} \approx 0,25 \text{ HP}$$

spesifikasi

tipe = spaced bucket positive- discharge elevator

kapasitas = 0,449 ton/jam

tinggi = 17 ft

ukuran bucket = $(6 \cdot 4 \cdot 4 \frac{1}{4})$ in

jarak antar bucket = 12 in

kecepatan bucket = 7,216 ft/menit

putaran head shaft = 1,379 rpm

power = 0,25 HP

jumlah = 1 buah

17. mixer (M – 150)

fungsi : untuk mencampur jeruk cair dengan bahan-bahan tambahan

tipe : bejana dengan tutup atas berbentuk standar dished head dan tutup bawah

berbentuk konis yang dilengkapi dengan pengaduk.

Dasar pemilihan : sesuai untuk mencampur liquid - solid

Kecepatan air jeruk masuk : 10783,719 kg/hari = 449,321 kg/jam

Kecepatan bahan-bahan tambahan masuk : 10783,719 kg/hari = 449,321 kg/jam

$\rho \text{ gula} = 1073 \text{ kg/m}^3$ (geankoplis, hal 891)

$$\frac{1}{\rho \text{ campuran}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i} = \frac{8657,1696 \text{ kg} / 21569,438 \text{ kg}}{1073 \text{ kg/m}^3} + \frac{9963 \text{ kg} / 21569,438 \text{ kg}}{1027 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 3,74 \cdot 10^{-4} + 4,49 \cdot 10^{-4} = 8,23 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho \text{ campuran} = 1215,0668 \text{ kg/m}^3 = 75,8537 \text{ lb/ft}^3$$

waktu tinggal = 1 jam

$$\text{volume liquida} = \frac{(449,321 + 449,321) \text{ kg} / \text{jam}}{1215,0668 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam} = 0,7395 \text{ m}^3$$

$$= 739,5 \text{ liter} = 26,115 \text{ ft}^3$$

$$\text{volume ruang kosong} = \frac{20\%}{80\%} \cdot \text{volume liquida}$$

$$= \frac{20\%}{80\%} \cdot 739,5 = 184,875 \text{ lt}$$

total tangki = volume liquida + volume ruang kosong

$$= 739,5 + 184,875$$

$$= 924,375 \text{ liter} = 32,6438 \text{ ft}^3$$

ersamaan tangki silinder dengan dished head dan conical closure :

Asumsi: $H_s/D_{in} = 1$; sudut kemiringan konis = $\alpha = 30^\circ$

$$V = \pi/4 \cdot D_{in}^2 \cdot H_s + (0,131 \cdot D_{in}^3)/\tan \alpha$$

$$32,6438 = [\pi/4 + (0,131/\tan \alpha)] \cdot (D_{in}^3)$$

$$D_{in} = 3,18 \text{ ft}$$

$$H_s = D_{in} = 3,18 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = H_{cs} = [V - (0,131 \cdot D_{in}^3)/\tan \alpha] / (\pi/4) \cdot D_{in}^2$$

$$= [26,115 - (0,131 \cdot 3,18^3)/\tan 30] / (\pi/4) \cdot 3,18^2 = 2,37 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam closure} = H_{cc} = [(0,131 \cdot D_{in}^3)/\tan \alpha] \times 12 / (\pi/D_{in}^2)$$

$$= 1,572 \cdot D_{in} / \pi \cdot \tan \alpha = 1,572 \times 3,18 / \pi \cdot \tan 30$$

$$= 2,75 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = H_{ct} = H_{cs} + H_{cc} = 2,37 + 2,75 = 5,12 \text{ ft}$$

$$P \text{ operasi} = P \text{ hidrostatik} = \left(\frac{\rho \cdot H}{144} \right) \text{psi}$$

$$= \left(\frac{75,8537 \cdot 2,37}{144} \right) \text{psi} = 1,248 \text{ psi}$$

$$P \text{ desain} = 1,2 \cdot P \text{ operasi} = 1,2 \cdot 1,248 = 1,4976 \text{ psi}$$

Tebal shell

$$t_s = \frac{P \cdot ID}{2 f \cdot E} + C$$

$$\text{dimana: } P = P \text{ desain} = 1,4976 \text{ psi}$$

$$ID = 3,18 \text{ ft} = 38,16 \text{ in}$$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, tipe 304 dengan

$$f = \text{stress maksimum yang diijinkan} = 18750 \text{ psi}$$

tipe sambungan = double welded butt joint, dengan

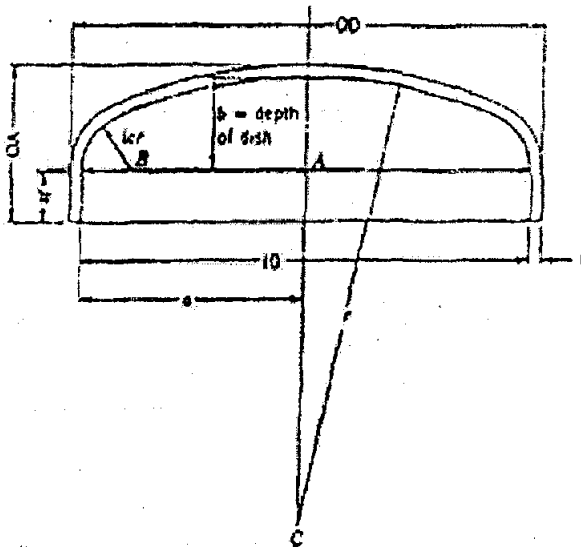
$$E = \text{welded - joint efficiency} = 0,85$$

$$C = \text{corrosion allowance} = 1/8 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{1,4976 \cdot 38,16}{2 \cdot 18750 \cdot 0,85} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,126 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

tebal dished head



$$OD = ID + 2 \cdot ts$$

$$= 38,16 \text{ in} + (2 \times \frac{3}{16} \text{ in}) = 38,41 \text{ in}$$

dari tabel 5.7 Brownell and young diperoleh =

OD standar = 40 in

r (crown radius/ radius of dish) = 40 in

icr (inside corner radius / knuckle radius) = $2\frac{1}{2}$ in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \quad (\text{Brownell and young pers 7.76, p138})$$

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{40}{2\frac{1}{2}}} \right) = 1,75$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{38,16}{2} = 19,08 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = (19,08 - 2\frac{1}{2}) \text{ in} = 16,58 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 40 - 2\frac{1}{2} = 37,5 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 40 - \sqrt{37,5^2 - 16,58^2} = 6,364 \text{ in}$$

$$td = \frac{P \cdot rc \cdot W}{2 f E - 0,2 \cdot P} + C \quad (\text{Brownell and young pers 7.77, p.138})$$

dimana: $P = P \text{ desain} = 1,4976 \text{ psi}$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, tipe 304 dengan

f = stress maksimum yang diijinkan = 18750 psi

tipe sambungan = double welded butt joint, dengan

E = welded - joint efficiency = 0,85

C = corrosion allowance = 1/8 in

$$td = \frac{1,4976 \text{ psi} \cdot 40 \text{ in} \cdot 1,75}{2 \cdot 18750 \text{ psi} \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 1,4976 \text{ psi}} + \frac{1}{8}$$

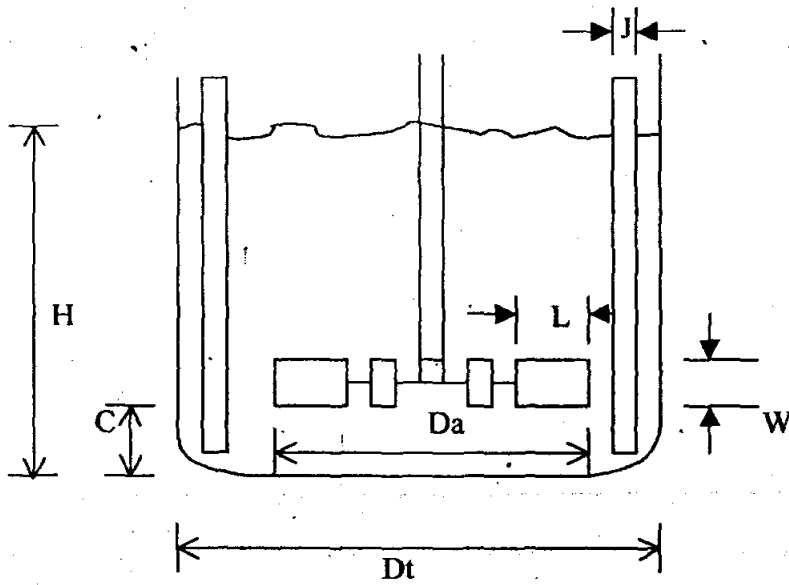
$$= 0,128 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

dipilih panjang straight-flange (sf) = 2 in (Brownell and young tabel 5.8, p.93)

$$OA = t + b + sf$$

$$= (\frac{3}{16} + 6,364 + 2) = 8,5515 \text{ in} = 0,7126 \text{ ft}$$

perhitungan pengaduk



Dipilih tipe pengaduk = flat six blade turbine agitator with disk

Kecepatan agitator antara 20-200 rpm (geankoplis) diambil 200 rpm

$$N = 200 \text{ rpm} = 3,3333 \text{ rps}$$

$$\rho \text{ campuran} = 1215,0668 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ air jeruk} = 1,6314 \text{ cp}$$

$$\mu \text{ gula} = 1,92 \text{ cp} \quad (\text{geankoplis, App A.4-2})$$

$$\ln \mu \text{ campuran} = \sum (x_i \ln \mu_i) \quad (\text{perry 7}^{\text{th}} \text{ ed, p 2-367})$$

$$= \frac{9963 \text{ kg}}{21569,438 \text{ kg}} \cdot \ln 1,6314 + \frac{8657,1696 \text{ kg}}{21569,438 \text{ kg}} \cdot \ln 1,92$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,487 \text{ cps} = 0,487 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

dari geankoplis tabel 3.4, p.144 diperoleh :

$$\frac{Da}{Dt} = 0,3 \quad \frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{Da} = \frac{1}{4} \quad \frac{C}{Dt} = \frac{1}{3} \quad \frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

dimana :

$$Dt = \text{Diameter tangki} = 3,18 \text{ ft} = 0,969 \text{ m}$$

$$Da = \text{Diameter pengaduk} = 0,3 \times 0,969 \text{ m} = 0,2907 \text{ m}$$

$$W = \text{Lebar blade} = 0,2907 \text{ m} / 5 = 0,0581 \text{ m}$$

$$L = \text{panjang blade} = 0,2907 \text{ m} / 4 = 0,0726 \text{ m}$$

$$C = \text{Jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk} = 0,969 \text{ m} / 3 = 0,323 \text{ m}$$

$$J = \text{Lebar baffle} = 0,969 \text{ m} / 12 = 0,0807 \text{ m}$$

$$Nre = \frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{geankoplis pers 3.4-1, p.144})$$

$$= \frac{(0,2907)^2 \cdot 3,3333 \cdot 1215,0668}{0,487 \cdot 10^{-3}} = 702806,32 \quad (\text{turbulen})$$

dari geankoplis fig 3.4-4, p.145 dengan memotongkan kurva 1 dengan Nre,
diperoleh $Np = 6$

$$Np = \frac{P}{\rho \cdot N^3 \cdot Da^5} \quad (\text{geankoplis pers 3.4-2, p.145})$$

Dimana :

Np = power number

P = power pengaduk

N = kecepatan pengaduk

$$\begin{aligned} P &= Np \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5 \\ &= 6 \times 1215,0668 \text{ kg/m}^3 \times (3,3333 \text{ rps})^3 \times (0,2907 \text{ m})^5 \\ &= 560,507 \text{ w} = 0,75 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\text{Power input} = 110\% \times 0,75 \text{ HP} = 0,825 \text{ HP}$$

$$\text{Transmission sistem losses} = 20\% \text{ dari total HP}$$

$$0,825 \text{ HP} + 0,2 \text{ total HP} = \text{total HP}$$

$$\text{total Hp} = 1,031 \text{ HP}$$

$$\text{efisiensi motor} = 80\%$$

(Peter and Timmerhaus fig.14-38, p.521)

$$\text{power yang dibutuhkan} = \frac{1,031 \text{ HP}}{80\%} = 1,288 \text{ HP} \approx 1,5 \text{ HP}$$

18. pompa IV (L-154)

fungsi = untuk memompa jeruk cair yang keluar dari mixer menuju tangki penampung

spesifikasi

kapasitas = 21567,438 kg/hari

tipe = centrifugal

kondisi operasi = kontinyu

dasar pemilihan = sesuai untuk viskositas kurang dari 0,2 Pa.s

power = 0,25 HP

19. Tangki penampung III (F-155)

Fungsi = untuk menampung air jeruk yang keluar dari mixer

Kondisi operasi = kontinyu

Dasar pemilihan = sesuai untuk menampung cairan

Tipe = vertical silinder dengan conical closure dilengkapi dengan pengaduk

Waktu penyimpanan = 3 jam

Kapasitas = 21567,438 kg/hari

Bejana = diameter = 4,86 ft

Tinggi = 9,58 ft

tebal = 3/16 in

bahan = stainless steel SA-167 Grade 3 tipe 304

tutup = diameter = 4,86 ft

tinggi = 0,29 ft

tebal = 1 in

bahan = stainless steel

pengaduk = Diameter pengaduk = 0,4443 m

lebar blade = 0,088 m

panjang blade = 0,111 m

lebar baffle = 0,1234 m

power = 8 HP

bahan = stainless steel

20. Tangki penampung IV (F – 156)

Fungsi = untuk menampung air jeruk dari mixer kemudian dialirkan ke evaporator II

Kondisi operasi = kontinyu

Dasar pemilihan = sesuai untuk menampung cairan

Tipe = vertical silinder dengan conical closure

Waktu penyimpanan = 3 jam

Kapasitas = 10783,719 kg/hari

Bejana = diameter = 3,46 ft

Tinggi = 6,95 ft

tebal = 3/16 in

bahan = stainless steel SA-167 Grade 3 tipe 304

tutup = diameter = 3,46 ft

tinggi = 0,27 ft

tebal = $\frac{3}{4}$ in

bahan = stainless steel

21. pompa V (L-211)

fungsi = untuk memompa jeruk cair yang keluar dari tangki penampung menuju evaporator

spesifikasi

kapasitas = 10783,719 kg/hari

tipe = sentrifugal

kondisi operasi = kontinyu

dasar pemilihan = sesuai untuk viskositas kurang dari 0,2 Pa.s

power = 0,25 HP

22. evaporator II (V-210)

fungsi = untuk memekatkan campuran air jeruk sebelum dimasukkan ke dalam spray dryer

dasar pemilihan = sesuai untuk pengolahan jus buah

tipe = falling film evaporator ,single effect

kondisi operasi = kontinyu

suhu operasi = 63 °C

tekanan operasi = 3,334 psia

suhu steam masuk = 120 °C = 248 °F

Q steam = 1814453,5 W

spesifikasi

Jumlah tube = 112 buah

Diameter = 3,76 ft = 1,14 m

Tebal shell = 3/16 in

Tebal konis = 3/16 in

Tebal dished head = 3/16 in

23. pompa VI (L - 212)

fungsi = untuk memompa jeruk cair yang keluar dari evaporator menuju tangki penampung

spesifikasi

kapasitas = 8472,5693 kg/hari

tipe = centrifugal

kondisi operasi = kontinyu

dasar pemilihan = sesuai untuk viskositas kurang dari 0,2 Pa.s

power = 0,25 HP

24. barometric condensor II (L - 220)

fungsi = untuk mengkondensasikan uap yang keluar dari evaporator

spesifikasi

dasar pemilihan = konstruksi lebih murah dan luas permukaan kontak besar

tipe = counter flow barometric condensor

kapasitas = 2311,1497 kg/hari = 212,2983 lb/hari

panjang pipa = 8,02 m

kebutuhan air pendingin = 7,88 gpm

bahan = stainless steel

jumlah = 1 buah

25. steam jet ejector II (E - 221)

fungsi = untuk memvakumkan ruang dalam barometric condensor

spesifikasi

dasar pemilihan = yang dianjurkan untuk membuat vakum barometric condensor

tipe = single stage steam ejector
kapasitas = 2311,1497 kg/hari = 212,2983 lb/hari
kebutuhan steam = 224,187 lb/jam
bahan = stainless steel
jumlah = 1 buah

26. akumulator II (F -222)

Fungsi = untuk mengumpulkan kondensat dari steam jet ejector
Kondisi operasi = kontinyu
Dasar pemilihan = sesuai untuk cairan dalam keadaan atmosfer
Tipe = vertical silinder dengan torispherical dished head and bottom
Waktu tinggal = 1 jam
Kapasitas = 2311,1497 kg/hari = 212,2983 lb/jam
Bejana = diameter = 1,337 ft
Tinggi = 2,674 ft
tebal = 3/16 in
bahan = stainless steel SA-167 Grade 3 tipe 304

tutup = diameter = 1,337 ft
tinggi = 0,346 ft
tebal = 3/16 in
bahan = stainless steel

27. Tangki penampung V (F - 213)

Fungsi = untuk menampung air jeruk dari evaporator II kemudian dialirkan ke spray dryer
Kondisi operasi = kontinyu

Dasar pemilihan = sesuai untuk menampung cairan

Tipe = vertical silinder dengan conical closure

Waktu penyimpanan = 3 jam

Kapasitas = 8472,5693 kg/hari

Bejana = diameter = 3,19 ft

Tinggi = 6,44 ft

tebal = 3/16 in

bahan = stainless steel SA-167 Grade 3 tipe 304

tutup = diameter = 3,19 ft

tinggi = 0,27 ft

tebal = 3/4 in

bahan = stainless steel

28. pompa VII (L – 231)

fungsi = untuk memompa jeruk cair yang keluar dari tangki penampung menuju
spray dryer

spesifikasi

kapasitas = 8472,5693 kg/hari

tipe = centrifugal

kondisi operasi = kontinyu

dasar pemilihan = sesuai untuk viskositas kurang dari 0,2 Pa.s

power = 0,25 HP

29. Blower (G – 240)

Fungsi : mensuplai kebutuhan udara untuk media pemanas ke dalam spray dryer

Tipe : centrifugal

Dasar pemilihan : sesuai untuk debit besar

Kondisi operasi : suhu udara masuk = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Perhitungan :

Rate udara = 93713,5912 kg/hari

$$= \frac{93713,5912 \text{ kg / hari}}{28,97 \text{ kg / kmol} \cdot 24 \text{ jam / hari} \cdot 3600 \text{ det / jam}} = 0,037 \text{ kmol/det}$$

$$\text{rate volumetrik} = 0,037 \times 22,4 \times \left(\frac{30+273}{273} \right) = 0,919 \text{ m}^3/\text{det}$$

efisiensi (Ep) = 70%

$$m = \frac{\gamma - 1}{\gamma \cdot Ep} \quad (\text{coulson, pers 3-6})$$

$$n = \frac{1}{1 - m} \quad (\text{coulson, pers 3-7})$$

dimana : γ udara = 1,4 (gas diatomik)

$$m = \frac{1,4 - 1}{1,4 \cdot 0,7} = 0,408$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,408} = 1,689$$

menghitung power

$$-w = z_1 \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{n}{n-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (\text{coulson pers 3-31})$$

dimana : w = kerja per mol

$z_1 = 1$ (dianggap gas ideal)

T_1 = suhu udara masuk

P_2 = tekanan udara keluar (diambil 15 psia)

M = rate udara masuk

$$w = 1 \cdot 8,314 \cdot (30+273) \cdot \frac{1,689}{1,689-1} \left[\left(\frac{15}{14,7} \right)^{\frac{1,689-1}{1,689}} - 1 \right]$$

$$= 303,1687 \text{ kg/kmol}$$

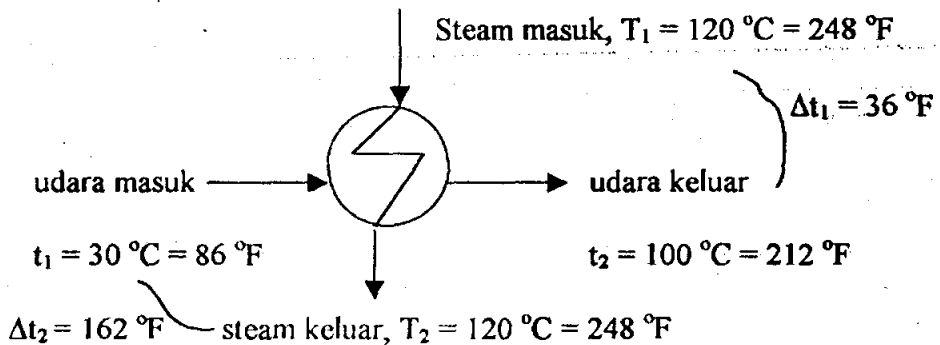
$$\text{power} = - \frac{w \cdot m}{Ep} = \frac{303,1687 \cdot 0,037}{0,7} = 16,02 \text{ kw}$$

$$\text{power} = \frac{16,02 \text{ kw}}{0,7457 \text{ kw/HP}} = 21,48 \text{ HP} \approx 22 \text{ HP}$$

bahan konstruksi = stainless steel

jumlah = 1 buah

30. Air heater (E - 241)



fungsi = untuk memanaskan udara sebelum masuk ke spray dryer

Tipe = shell and tube exchanger

Dasar pemilihan : sangat sesuai untuk luas perpindahan panas yang besar

Dari neraca panas didapat :

$$\text{Rate udara} = 93713,5912 \text{ kg/jam} = 206600,98 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate steam} = 3100,1147 \text{ kg/jam} = 6834,5129 \text{ lb/jam}$$

$$Q = 39161028,3232 \text{ kkal/hari} = 6475140,5 \text{ btu/jam}$$

$$\Delta t_{\text{LMTD}} = \frac{(162) - (36)}{\ln \frac{162}{36}} = 84 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$U_d = 5 - 50 \text{ Btu/ft}^2\text{Jam }^{\circ}\text{F} \quad (\text{Kern, 1988, tabel 8, hal 840})$$

$$\text{Digunakan} = U_d = 32 \text{ Btu/ft}^2\text{Jam }^{\circ}\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_d \cdot \Delta t} = \frac{6475140,5}{32 \times 84} = 2408,9064 \text{ ft}^2$$

Dipakai shell and tube tipe 1 in OD, 1,25 square pitch, 16 BWG

$$a''t = 0,2618 \text{ ft/ft}^2 \quad (\text{Kern, 1988, hal 843})$$

ditentukan panjang = 10 ft

$$\text{maka jumlah tube} = \frac{A}{a''t \times L} = \frac{2408,9064}{0,2618 \times 10} = 920,1323 \text{ buah}$$

$$\text{jumlah tube} = 934 \text{ buah} \quad (\text{kern, 1988, hal. 841})$$

shell side :

$$\text{ID shell} = 37 \text{ in}$$

$$\text{Passes} = 1$$

$$\text{Pitch} = 1 \frac{1}{4} \text{ in square}$$

Tube side :

$$L = 10 \text{ ft ; 1 in OD, 16 BWG}$$

$$\text{Pitch} = 1 \frac{1}{4} \text{ in square}$$

$$\text{Passes} = 1$$

Koreksi harga U_d :

$$A = N_t \times L \times a$$

$$= 934 \times 10 \times 0,2618 \text{ ft}^2 = 2445,212$$

$$U_d \text{ baru} = \frac{Q}{A \times \Delta T} = \frac{6475140,5}{2445,212 \times 84} = 31,5248 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Temperature caloric = temperature rata-rata

$$T_r = 248 ^\circ\text{F}$$

$$T_r = 149 ^\circ\text{F}$$

$$\phi = (\mu / \mu_w)^{0,14} = 1$$

Aliran udara, lewat shell (cold)	Aliran steam, lewat tube (hot)
<p>Baffle space = 37 in (kern,1988, hal.226)</p> <p>$C' = P_T - OD = (1,25 - 1) \text{ in} = 0,25 \text{ in}$</p> <p>$as = ID_s \times C' \times B / 144 P_T$</p> <p>$= 37 \cdot 0,25 \cdot 37 / (144 \cdot 1,25)$</p> <p>$= 1,9013 \text{ ft}^2$</p> <p>$W = 206600,98 \text{ lb/jam}$</p> <p>$G_s = W / as$</p> <p>$= 206600,98 / 1,9013$</p> <p>$= 108663,01 \text{ lb/jam ft}^2$</p> <p>$T_c = 149 ^\circ\text{F}$</p> <p>$\mu = 0,045 \text{ lb/jam.ft}$</p> <p>(kern 1988,hal.824,825)</p> <p>$De = (0,99/12)\text{ft}$</p> <p>$= 0,0825 \text{ ft (kern,1988,hal.838)}$</p>	<p>$a't = 0,594 \text{ in}^2 \text{ (kern,1988,hal.843)}$</p> <p>$at = Nt \cdot a't / 144 \text{ in}$</p> <p>$= 934 \times 0,594 / 144 = 3,8527 \text{ ft}^2$</p> <p>$G_t = W / at$</p> <p>$= (6834,5129 / 3,8527)$</p> <p>$= 1773,9541 \text{ lb/jam.ft}^2$</p> <p>$t_c = 248 ^\circ\text{F}$</p> <p>$\mu = 0,031 \text{ lb/jam.ft}$</p> <p>(kern1988,hal.824,825)</p> <p>$ID = 0,870/12$</p> <p>$= 0,0725 \text{ ft (kern 1988,hal.843)}$</p>

$Re_s = \frac{De \times G_s}{\mu}$ $= \frac{0,0825 \times 108663,01}{0,045} = 199215,52$ <p>$j_H = 280$ (kern 1988, hal. 838)</p> <p>$T_c = 149^\circ F$</p> <p>$k = 0,016$ (kern, 1988, hal. 801)</p> <p>$\phi = (\mu / \mu_w)^{0,14} = 1$</p> <p>$cp = 0,25 \text{ btu/lb }^\circ F$ (kern, 1988, hal. 805)</p> $h_o = j_H \times \frac{k}{D} \times \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \times \phi_s$ $= 280 \times \frac{0,016}{0,0825} \times \left(\frac{0,25 \cdot 0,045}{0,016} \right)^{1/3} \times 1$ $= 48,2818 \text{ btu/jam.ft}^2.^\circ F$	$Re_t = \frac{D \times G_t}{\mu}$ $= \frac{0,0725 \times 1773,9541}{0,031} = 4148,7636$ <p>$h_{io} = 1500 \text{ btu/jam.ft}^2.^\circ F$</p>
--	---

$$U_d = 31,5248 \text{ btu/jam.ft}^2.^\circ F$$

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1500 \times 48,2818}{1500 + 48,2818} = 46,7761 \text{ btu / jam.ft}^2.^\circ F$$

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = \frac{46,7761 - 31,5248}{46,7761 \times 31,5248} = 0,001 \text{ btu/jam.ft}^2.^\circ F \quad (\text{kern, 1988, hal. 845})$$

Cold stream, lewat shell (udara)	Hot stream, lewat tube (steam)
$S = 0,78$ (kern, fig 6)	$S = 1$
$F = 0,00012$ (kern, 1988, hal. 836)	$f = 0,00018$ (kern, 1988, hal. 836)
$\Delta P_s = \frac{F \times G_s^2 \times L \times (N+1)}{5,22 \cdot 10^{10} \times De \times S \times \phi}$	$\Delta P_T = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22 \cdot 10^{10} \times D \times S \times \phi_s}$

$= \frac{0,00012 \times (108663,01)^2 \times 3,08 \times 38,9189}{5,22 \cdot 10^{10} \times 0,0825 \times 0,78 \times 1}$ $= 0,05 \text{ psi} < 10 \text{ psi, memenuhi syarat}$	$= \frac{0,00018 \times (1773,9541)^2 \times 10 \times 2}{5,22 \cdot 10^{10} \times 0,0725 \times 1 \times 1}$ $= 0,0000029 \text{ psi} < 1 \text{ psi, memenuhi syarat}$ $\frac{v^2}{2g'} = 0,001 \text{ (kern .hal.837.fig.27)}$ $\Delta P_i = \frac{4n.v^2}{s.2g'} = \frac{4.2.}{1} \times 0,001 = 0,008 \text{ psi}$ $\Delta P_T = \Delta P_s + \Delta P_i = 0,058 < 1 \text{ psi}$
--	---

Spesifikasi

Tipe	: shell and tube exchanger
Rate udara	: 206600,98 lb/jam
Luas HE	: 2408,9064 ft ²
Jumlah tube	: 934 buah
Bahan konstruksi	: stainless steel
Jumlah	: 1 buah

31. spray dryer (D – 230)

fungsi = sebagai alat pengering slurry jeruk sehingga diperoleh jeruk bubuk

sistem operasi = kontinyu

bentuk alat = bejana silinder dengan bagian bawah berbentuk konis dan tutup bagian atas berbentuk dished head

dasar pemilihan = dapat mengeringkan slurry atau larutan

kondisi operasi

aliran udara = counter current

atomization = vaned wheel

metode pemanasan = direct, natural gas combustion

kapasitas = 8472,5695 kg/hari

suhu udara masuk = 100 °C

suhu feed masuk = 63 °C

tekanan operasi = 4,6305 psia

suhu operasi = 70 °C

perhitungan

H₂O yang menguap = 2498,5827 kg/hari = 104,1076 kg/jam

Panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan = 136863,5267 kkal/hari

= 5702,6467 kkal/jam

panas yang disuplai = 66904784,6910 kkal/hari = 2787699,3 kkal/jam

energi yang dibutuhkan untuk menguapkan H₂O = $\frac{2787699,3 \text{ kkal / jam}}{104,1076 \text{ kg / jam}}$

= 26777,097 kkal/kg uap

untuk menjaga kontinuitas proses maka diambil harga

load factor = 1,2 . (load gas normal) (Van't land, hal 159)

dari hasil perhitungan neraca panas pada appendix B diperoleh jumlah udara yang

masuk spray dryer = 93713,5912 kg/jam

load gas yang masuk = 1,2 x 93713,5912 kg/jam

= 112456,31 kg/jam

ρ udara pada suhu 70 °C = 1,03 kg/m³ (geankoplis, App A.3-3)

rate volumetrik udara = $\frac{112456,31 \text{ kg / jam}}{1,03 \text{ kg / m}^3}$ = 109180,88 m³/jam

H₂O yang diuapkan = 104,1076 kg/jam

ρ uap air pada suhu 70 °C = 0,6395 kg/m³ (geankoplis, App A.2-12)

$$\text{rate volumetrik H}_2\text{O} = \frac{104,1076 \text{ kg / jam}}{0,6395 \text{ kg / m}^3} = 162,7953 \text{ m}^3/\text{jam}$$

total aliran yang meninggalkan spray dryer = rate udara + rate uap air

$$= 109180,88 + 162,7953$$

$$= 109343,68 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 30,373 \text{ m}^3/\text{s}$$

trial kecepatan superficial udara = 0,75 m/s

$$\text{luas penampang melingkar dryer} = \frac{30,373 \text{ m}^3/\text{s}}{0,75 \text{ m/s}} = 40,4973 \text{ m}^2$$

$$\text{luas penampang} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$40,4973 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = 7,18 \text{ m} = 282,6766 \text{ in} = 23,5561 \text{ ft}$$

Berdasarkan ulrich tabel 4-10,p.133, diameter spray dryer untuk kecepatan superficial udara 0,2 – 3 m/s adalah 2 – 10 m. hasil perhitungan yang diperoleh sudah mendekati ketentuan yang berlaku sehingga trial kecepatan superficial udara 0,75 m/s dianggap benar..

Waktu tinggal = 25 s

Sudut konis = 60°

Volume = waktu tinggal x total rate gas

$$= 25 \text{ s} \times 30,373 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 759,325 \text{ m}^3$$

$$\text{volume spray dryer} = 1,25 \times 759,325 \text{ m}^3 = 949,1562 \text{ m}^3$$

$$\text{volume spray dryer} = 0,7854 \cdot D^2 (H + 0,2886 D) \quad (\text{Van't land, pers 8-2})$$

$$949,1562 \text{ m}^3 = 0,7854 (7,18 \text{ m})^2 (H + 0,2886 \cdot 7,18 \text{ m})$$

$$H = 21,3 \text{ m}$$

volume dryer = volume silinder + volume konis

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 h + \frac{\pi D^3}{24 \tan \alpha}$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 7,18^2 \times 21,3 + \frac{\pi \cdot 7,18^3}{24 \tan 60} = 889,9423 \text{ m}^3$$

tinggi konis

$$h_k = \frac{0,5 \cdot D}{\tan \alpha} = \frac{0,5 \cdot 7,18}{\tan 60} = 2,083 \text{ m} = 82,007 \text{ in}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \cdot P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,05 \times 4,41 \text{ psi} = 4,6305 \text{ psi}$$

menghitung tebal shell

$$t_s = \frac{P \cdot ID}{2 f \cdot E} + C$$

Dari Brownell and young, Appendix D didapat

bahan konstruksi = stainless steel SA-167, grade 3, tipe 304 dengan

f = stress maksimum yang diijinkan = 18750 psi

tipe sambungan = double welded butt joint, dengan

E = welded - joint efficiency = 0,85

C = corrosion allowance = 1/8 in

$$t_s = \frac{4,6305 \cdot (23,5561 \text{ ft} \cdot \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}})}{2 \cdot 18750 \cdot 0,85} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,18 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

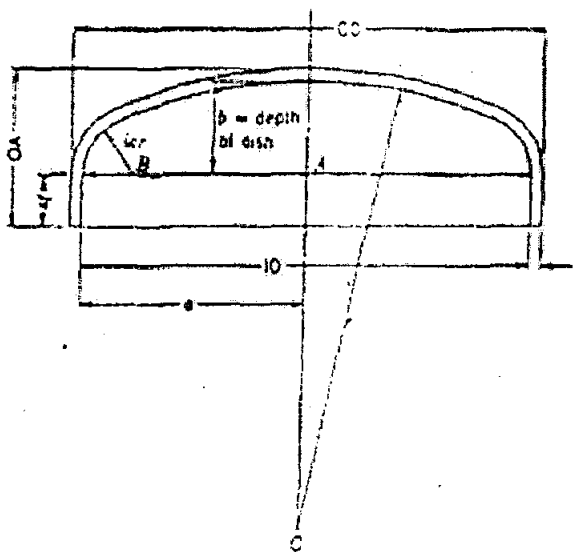
menghitung tebal konis

$$t_c = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (18750.0,85 - 0,6.4,6305)} + C$$

$$= \frac{4,6305 \cdot (23,5561 \text{ ft} \cdot \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}})}{2 \cos 60 (18750.0,85 - 0,6.4,6305)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,2 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ in}$$

tebal dished head



$$t_d = \frac{0,885.P.rc}{f.E - 0,1.P} + C$$

dimana $r = r_c = ID = 23,5561 \text{ ft} = 282,6766 \text{ in}$

$$t_d = \frac{0,885.4,6305.282,6766 \text{ in}}{18750.0,85 - 0,1.4,6305} + \frac{1}{8} = 0,19 \approx \frac{1}{4} \text{ in}$$

dari tabel 5.6 Brownell and young didapat

$$\text{untuk } td = \frac{1}{4} \text{ in}; \quad sf = 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2} \text{ in}; \quad icr = \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$\text{diambil } sf = 2 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{282,676}{2} = 141,3383 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = (141,3383 - \frac{3}{4}) \text{ in} = 140,5883 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 282,676 - \frac{3}{4} = 281,9232 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 282,6766 - \sqrt{281,9232^2 - 140,5883^2} = 38,3088 \text{ in}$$

$$OA = t + b + sf$$

$$= (\frac{1}{4} + 38,3088 + 2) = 40,5588 \text{ in} = 1,03 \text{ m}$$

$$\text{tinggi spray dryer total} = hs + hk + hd$$

$$= 21,3 + 2,083 + 1,03 = 24,413 \text{ m}$$

atomizer

menentukan kecepatan atomizer

$$d_{so} = \frac{K \cdot M^a}{N^b \cdot di^c \cdot (n \cdot h)^d \cdot 10^{-4}} \quad (\text{Van't land, pers 8-1})$$

dimana:

$$d_{so} = \text{median diameter} = 152 \mu\text{m}$$

K = konstanta

$$M = \text{liquid feed} = 8472,5695 \text{ kg/hari} = 353,0237 \text{ kg/jam} = 12,9712 \text{ lbm/menit}$$

N = kecepatan putaran, rpm

$$di = \text{diameter atomizer, m} \quad (m = 0,25 \text{ m} = 0,8202 \text{ ft}) \quad (\text{perry 6}^{\text{th}} \text{ ed, hal 20-56})$$

n = banyaknya vane dalam roda (45)

h = tinggi vane roda atomizer (0,03 m)

vane liquid loading = Γ = feed masuk / L_w

L_w = wetted dish peripheral

$$= \pi \cdot d_i = \pi \times 0,25 \text{ m} = 0,7854 \text{ m}$$

$$\Gamma = \frac{353,0237 \text{ kg / jam}}{0,7854 \text{ m}} = 449,4826 \text{ kg/jam}$$

dari tabel 8.1 Van't land didapat :

$$a = 0,12 ; b = 0,8 ; c = 0,6 ; d = 0,12 ; k = 1,2$$

$$152 = \frac{1,2 \cdot 353,0237^{0,12}}{N^{0,8} \cdot 0,25^{0,6} \cdot (45 \cdot 0,03)^{0,12} \cdot 10^{-4}}$$

$$= 1559,1935 \text{ rpm}$$

menghitung power yang dibutuhkan

$$P = 1,04 \cdot 10^{-8} (r \cdot N)^2 \text{ W}$$

Dimana :

$$P = \text{HP netto, HP}$$

$$r = \text{jari-jari roda atomizer, ft (0,8202 ft/2 = 0,4101 ft)}$$

$$N = \text{putaran disk, rpm}$$

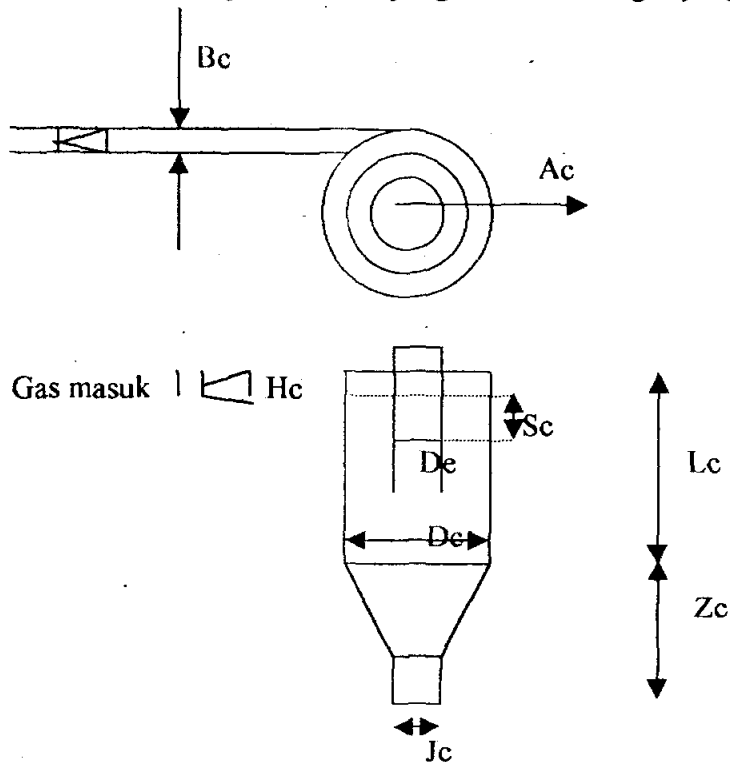
$$W = \text{rate feed, lbm/menit}$$

$$P = 1,04 \cdot 10^{-8} (0,4101 \cdot 1559,1935)^2 \cdot 12,9712$$

$$= 0,05 \text{ HP} \approx 0,25 \text{ HP}$$

32. cyclone (H – 232)

fungsi : memisahkan jeruk bubuk yang terbawa oleh gas yang keluar dari spray dryer



Dasar pemilihan = dapat memisahkan solid dari aliran udara

Perhitungan

Kapasitas = 59,7339 kg/hari = 0,0914 lbm/menit

Nozzle gas masuk ukuran = 15 in (Peter and Timmerhaus, fig. 14-2)

Standar pipe ukuran nozzle (D_i) = 15,25 in (Peter and Timmerhaus, tabel 13, p.888)

$$\text{Luas penampang nozzle } (A_c) = \frac{1}{4} \pi D_i^2 = \frac{1}{4} \pi (15,25)^2 = 182,65 \text{ in}^2$$

Dari perry edisi 6 hal 20-82, mendapatkan penampang gas masuk :

$$A_c = B_c \times H_c$$

$$H_c = 2 \times B_c$$

$$A_c = 2 \times B_c^2$$

$$Bc = \sqrt{\frac{Ac}{2}} = \sqrt{\frac{182,65 \text{ in}^2}{2}} = 9,55 \text{ in}$$

$$Dc = Bc \times 4 = 9,55 \text{ in} \times 4 = 38,226 \text{ in}$$

$$De = \frac{Dc}{2} = \frac{38,226 \text{ in}}{2} = 19,113 \text{ in}$$

$$Hc = \frac{Dc}{2} = \frac{38,226 \text{ in}}{2} = 19,113 \text{ in}$$

$$Lc = 2 \cdot Dc = 2 \times 38,226 \text{ in} = 76,45 \text{ in}$$

$$Sc = \frac{Dc}{8} = \frac{38,226 \text{ in}}{8} = 4,778 \text{ in}$$

$$Zc = 2 \cdot Dc = 2 \times 38,226 \text{ in} = 76,45 \text{ in}$$

$$Jc = \frac{Dc}{4} = \frac{38,226 \text{ in}}{4} = 9,5565 \text{ in}$$

Dimana :

Ac : luas penampang gas masuk, in^2

Dc : Diameter cyclone, in

De : Diameter lubang pengeluaran gas, in

Hc : Diameter lubang masuk, in

Lc : Tinggi cyclone bagian silinder, in

Zc : Tinggi cyclone bagian kerucut, in

Jc : Diameter lubang pengeluaran partikel, in

Spesifikasi :

Tipe : Effluent Dust cyclone

Kapasitas : 0,0914 lb/menit

Ukuran : Ac : $182,65 \text{ in}^2$

Bc : 9,55 in

Dc : 38,226 in

De : 19,113 in

Hc : 19,113 in

Lc : 76,45 in

Sc : 4,778 in

Zc : 76,45 in

Jc : 5,9965 in

33. screw conveyer (J -250)

fungsi = untuk mengangkut jeruk bubuk yang keluar dari spray dryer ke tangki

penampung

dasar pemilihan = sesuai untuk mengangkut padatan

tipe = plain spouts

kapasitas = 5970,9997 kg/hari = 0,2487 ton/jam

putaran = 2,487 rpm

feed section diameter = 6 in

panjang = 15 ft

power = 0,25 HP

34. Tangki penampung VI (F – 251)

Fungsi = untuk menampung jeruk bubuk dari screw conveyer

Kondisi operasi = kontinyu

Dasar pemilihan = sesuai untuk menampung padatan

Tipe = vertical silinder dengan conical closure

Waktu penyimpanan = 3 jam

Kapasitas = 5970,9997 kg/hari

Bejana = diameter = 2,84 ft

Tinggi = 5,79 ft

tebal = 3/16 in

bahan = stainless steel SA-167 Grade 3 tipe 304

tutup = diameter = 2,84 ft

tinggi = 0,27 ft

tebal = 3/4 in

bahan = stainless steel

APPENDIX D
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

APPENDIX D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

Metode perkiraan harga

Harga alat akan berubah setiap saat tergantung dari kondisi ekonomi dan politik. Untuk itu dibutuhkan suatu metode yang dapat mengkonversikan harga dari alat beberapa tahun yang lalu, agar dapat diperoleh harga alat yang ekuivalen pada saat ini. Ekuivalensi itu dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Harga alat saat ini} = \frac{\text{Cost Index saat ini}}{\text{Cost Index pada tahun A}} \times \text{Harga alat pada tahun A}$$

Pada perencanaan pabrik jus jeruk dan sari jeruk bubuk instant ini, harga peralatan yang digunakan didasarkan pada harga alat yang terdapat pada pustaka Peters, 1991 dan Ulrich, 1984. Cost index yang digunakan adalah dari Marshall & Swift Cost Index dan Chemical Engineering Plant Cost Index.

D.1. Perhitungan Harga Peralatan

- Cost Index Marshall & Swift pada tahun 1990 = 904 (Peters, 1991)
- Cost Index Marshall & Swift pada tahun 2002 = 1100 (Chemical Engineering, 2003)
- Cost Index Chemical Engineering Plant pada tahun 1982 = 315 (Ulrich, 1984)
- Cost Index Chemical Engineering Plant pada tahun 2002 = 392,7 (Chemical Engineering, 2002)

Harga peralatan yang tidak ada pada gambar, dikonversikan terlebih dahulu dengan persamaan berikut :

$$\text{Cost A} = \text{Cost B} \times \left(\frac{\text{size A}}{\text{size B}} \right)^{0.6} \quad (\text{Peters and Timmerhaus, p.169})$$

Contoh perhitungan:

Nama alat : Bin

Kapasitas : 30.000 kg

Bahan konstruksi : Stainless steel

Harga Tahun 1990 : \$ 22.400 (Peters, 1991)

$$\text{Harga Alat Saat ini} = \frac{1100}{904} \times \$ 22.400 = \$ 27.256,64 = \text{Rp } 228.955.776$$

Dengan cara yang sama, harga peralatan disajikan pada tabel D.1. untuk alat-alat proses dan D.2. untuk alat-alat utilitas.

Tabel D.1. Harga Peralatan Proses

No.	Nama alat	Kode	*Harga /unit (Rp)	Jumlah	Harga (Rp)
1.	Bin	F-112	228.955.776	1	228.955.776
2.	Belt conveyor	J-111	18.528.384	1	18.528.384
3.	Ekstraktor	H-110	378.000.000	1	378.000.000
4.	Evaporator I	V-120	599.744.880	1	599.744.880
5.	Pompa	L-121	775.000	1	775.000
6.	Pompa	L-122	775.000	1	775.000
7.	Tangki penampung I	F-123	45.995.628	1	45.995.628
8.	Barometric condenser I	L-130	55.408.500	1	55.408.500
9.	Steam jet ejector I	E-131	22.929.737	1	22.929.737
10.	Akumulator I	F-132	4.200.000	1	4.200.000
11.	Heater	E-140	138.702.228	1	138.702.228
12.	Pompa	L-141	775.000	1	775.000
13.	Mixer	M-150	88.924.752	1	88.924.752
14.	Bucket elevator	J-151	42.929.208	1	42.929.208
15.	Screw conveyor I	J-152	59.283.168	1	59.283.168
16.	Tangki penampung II	F-153	35.365.512	1	35.365.512
17.	Pompa	L-154	775.000	1	775.000
18.	Tangki penampung III	F-155	160.064.604	1	160.064.604
19.	Tangki penampung IV	F-156	46.076.772	1	46.076.772
20.	Evaporator II	V-210	599.744.880	1	599.744.880

21.	Pompa	L-211	775.000	1	775.000
22.	Pompa	L-212	775.000	1	775.000
23.	Tangki penampung V	F-213	34.243.440	1	34.243.440
24.	Barometric condenser II	L-220	55.408.500	1	55.408.500
25.	Steam jet ejector II	F-221	34.824.888	1	34.824.888
26.	Akumulator II	F-222	5.880.000	1	5.880.000
27.	Spray dryer	D-230	547.393.812	1	547.393.812
28.	Pompa	L-231	775.000	1	775.000
29.	Cyclone	H-232	12.823.356	1	12.823.356
30.	Blower	G-240	263.117.820	1	263.117.820
31.	Air heater	E-241	90.000.000	1	90.000.000
32.	Screw conveyor II	J-250	59.283.168	1	59.283.168
33.	Tangki produk	F-251	37.446.906	1	37.446.906
TOTAL			33		3.670.700.919

Tabel D.2. Harga Peralatan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	*Harga /unit (Rp)	Jumlah	Harga (Rp)
1.	Boiler		429.352.000	1	429.352.000
2.	Cooling tower	F-3	144.797.017	1	144.797.017
3.	Tangki demineralisasi	F-4	69.121.231	1	69.121.231
4.	Tangki umpan boiler	F-6	86.296.625	1	86.296.625
5.	Tangki penampung kondensat	F-7	53.049.967	1	53.049.967
6.	Tangki penyimpan bahan bakar	F-8	176.400.000	1	176.400.000
7.	Pompa air PDAM	L-1	3.570.000	1	3.570.000
8.	Pompa air demineralizer	L-2	1.428.000	1	1.430.000
9.	Pompa air boiler	L-3	775.000	1	775.000
10.	Pompa air sanitasi	L-4	775.000	1	775.000
10.	Pompa bahan bakar	L-5	2.625.000	1	2.625.000
					968.191.840

(*: kurs rupiah = Rp.8.400 /\$1)

Tabel D.3 Bak Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Luas, m ²
1.	Bak penampung air PDAM	F-1	45
2.	Bak penampung air pendingin	F-2	16
3.	Bak penampung air demineralisasi	F-5	7
TOTAL			68

Harga bak = 300.000/m²

Total harga bak utilitas = (Rp 300.000/m²) x 68 m²

= Rp 20.400.000

Total harga peralatan = Rp 3.670.700.919 + Rp 968.191.840 + Rp 20.400.000

= Rp 4.659.292.759

D.2 Perhitungan harga tanah dan bangunan

Luas tanah = 9000 m²

Harga tanah = Rp 1.000.000/ m²

Biaya tanah = Rp 9.000.000.000

Luas bangunan pabrik = 2500 m²

Harga bangunan pabrik = Rp 700.000/ m²

Biaya bangunan pabrik = Rp 1.750.000.000

Luas bangunan gedung = 1.080 m²

Harga bangunan gedung = Rp 900.000/ m²

Biaya bangunan gedung = Rp 972.000.000

Total biaya tanah dan bangunan = Rp 9.000.000.000 + Rp 1.750.000.000 +

Rp 972.000.000

= Rp 11.722.000.000

D.3 Perhitungan harga bahan baku dan harga jual produk

a. Harga bahan baku dan bahan pembantu

Bahan	Rp /kg	Kg/hari	Kg/tahun	Rp/tahun
Jeruk	5.000	15.000	4.950.000	24.750.000.000
Gula	3.800	4328,5848	1.428.432,984	5.428.045.339
Citric acid	9.000	539,1860	177931,380	1.601.382.420
Pewarna	100.000	2,1568	711,744	71.174.400
Beatric food	55.000	134,7965	44482,845	2.446.556.475
Flavour	62.500	311,6495	102844,335	6.427.770.938
Tricalcium phosphat	27.500	70,0942	23131,086	636.104.865
Asam ascorbat	300.000	5,3919	1779,327	533.798.100
TOTAL				41.894.832.537

b. Harga jual produk

- Produk utama:

Jus jeruk = 7.117.254,54 kg/tahun = 5.038.299,592 lt/tahun

Harga produk per botol (1 liter) = Rp 15.500/lt

Harga jual produk cair per tahun = Rp 78.093.643.676

Sari jeruk bubuk instant = 1.970.429,934 kg/tahun

Harga produk per karton (500 gram) = Rp 12.950/500 gr

Harga jual produk bubuk per tahun = Rp 51.034.135.290

- Produk samping:

Ampas jeruk = 4489,5690 kg/hari = 1481557,77 kg/tahun

Harga per kg = Rp 300

Harga produk samping per tahun = Rp 444.467.331

Total penjualan produk = Rp 129.572.246.297

D.4 Perhitungan Biaya Pengemasan Produk

- Produk jus jeruk dikemas dalam botol plastik berkapasitas 1 liter.

Harga botol plastik = Rp 700/buah

Biaya pengemasan jus jeruk = Rp 700 x 5.038.299,592

= Rp 3.526.809.714

- Produk sari jeruk bubuk instant dikemas dalam plastik berkapasitas 500 gram dan karton sebagai kemasan luarnya

Harga plastic dan karton = Rp 300/buah

Biaya pengemasan sari jeruk bubuk instant :

= (1.970.429,934/0,5) x Rp300 = Rp 1.182.257.960

- Produk samping ampas jeruk dikemas dalam karung goni berkapasitas 100 kg

Harga karung goni = Rp 150/buah

$$\begin{aligned} \text{Biaya pengemasan ampas jeruk} &= (1481557,77/100) \times \text{Rp } 150 \\ &= \text{Rp } 2.222.337 \end{aligned}$$

Total biaya pengemasan = Rp 4.711.290.011

D.5 Perhitungan gaji karyawan

Perincian gaji karyawan tiap bulan dapat dilihat pada tabel D-4 berikut ini:

Tabel D-4. Gaji karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total
1.	Direktur utama	1	8.000.000	8.000.000
2.	Direktur teknik dan produksi	1	6.500.000	6.500.000
3.	Direktur administrasi dan keuangan	1	6.500.000	6.500.000
4.	Sekretaris	2	1.500.000	3.000.000
5.	Kepala bagian produksi dan teknik	1	3.000.000	3.000.000
6.	Kepala bagian laboratorium dan QC	1	3.000.000	3.000.000
7.	Kepala bagian keuangan dan pemasaran	1	3.000.000	3.000.000
8.	Kepala bagian personalia dan umum	1	3.000.000	3.000.000
9.	Kepala seksi proses	1	2.000.000	2.000.000
10.	Kepala seksi pengendalian	1	2.000.000	2.000.000
11.	Kepala seksi penelitian dan pengembangan	1	2.000.000	2.000.000
12.	Kepala seksi utilitas	1	2.000.000	2.000.000
13.	Kepala seksi pemeliharaan dan perbaikan	1	2.000.000	2.000.000
14.	Kepala seksi laboratorium dan QC	1	2.000.000	2.000.000
15.	Kepala seksi pemasaran dan penjualan	1	2.000.000	2.000.000
16.	Kepala seksi KAS	1	2.000.000	2.000.000
17.	Kepala seksi administrasi	1	2.000.000	2.000.000
18.	Kepala seksi gudang	1	2.000.000	2.000.000
19.	Kepala seksi personalia	1	2.000.000	2.000.000
20.	Kepala seksi keamanan	1	2.000.000	2.000.000
21.	Karyawan proses	32	750.000	24.000.000
22.	Karyawan pengendalian	6	750.000	4.500.000
23.	Karyawan penelitian dan pengembangan	8	1.500.000	12.000.000
24.	Karyawan utilitas	8	750.000	6.000.000
25.	Karyawan pemeliharaan dan perbaikan	4	750.000	3.000.000

26.	Karyawan laboratorium dan QC	8	1.200.000	9.600.000
27.	Karyawan pemasaran dan penjualan	6	1.200.000	7.200.000
28.	Karyawan KAS	2	1.200.000	2.400.000
29.	Karyawan administrasi	2	1.200.000	2.400.000
30.	Karyawan gudang	2	1.000.000	2.000.000
31.	Karyawan personalia	2	1.000.000	2.000.000
32.	Karyawan keamanan	12	800.000	9.600.000
33.	Sopir dan pesuruh	7	600.000	4.200.000
TOTAL		120		148.900.000

Total gaji karyawan per bulan = Rp 148.900.000

Ditetapkan 1 tahun produksi adalah 12 bulan, jadi gaji karyawan pertahun:

= Rp 148.900.000/bulan x 12 bulan = Rp 1.786.800.000

D.4 Perhitungan biaya utilitas

1. Kebutuhan air:

Air yang harus disuplai per hari = 113 m³

Harga air PDAM : Rp 1950 untuk 10 m³ pertama

Rp 2710 untuk 10 m³ kedua

Rp 3500 untuk sisanya

Biaya air per tahun = (10 m³/hari x Rp 1950/ m³ + 10 m³/hari x Rp 2710/ m³ + 93
m³/hari x Rp 3500/ m³) x 330 hari/tahun
= Rp 122.793.000

2. Kebutuhan listrik

Kebutuhan listrik untuk penerangan = 1,1 x 209,3722 Kw = 230,3094 Kw

Biaya beban = Rp 31.300/Kw.bulan

Biaya beban per tahun = Rp 31.300/Kw.bulan x 230,3094 Kw x 12 bulan
= Rp 86.504.218

Biaya listrik:

Waktu beban puncak = Rp 702/kwh (pukul 18.00 – 22.00)

Luar Waktu beban puncak = Rp 468/kwh (pukul 22.00 – 18.00)

Biaya listrik per tahun = $[(4 \text{ jam} \times 229,69 \text{ Kw} \times \text{Rp}702/\text{kwh}) + (20 \text{ jam} \times 229,69 \text{ Kw} \times \text{Rp} 468/\text{kwh})] \times 330 \text{ hari/tahun}$
 = Rp 924.793.657

Biaya listrik total = Biaya beban + Biaya listrik terpakai
 = Rp 86.504.218 + Rp 924.793.657
 = Rp 1.011.297.875

3. Bahan bakar :

Kebutuhan bahan bakar per hari = 7232,67 lt

Harga bahan bakar per liter = Rp 2100

Biaya bahan bakar = $7232,67 \text{ lt/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp} 2100 / \text{liter}$
 = Rp 5.012.241.234

